ISSN 0037-8437

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

Director: Dr. PEDRO CATTANEO

ENERO - DICIEMBRE 1990 - VOLUMEN 220

SUMARIO

Avda. SANTA FE 1145
1059 BUENOS AIRES
ARGENTINA
1990

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

JUNTA DIRECTIVA 1990

SECCIONES DEL INTERIOR

Comisión Directiva

Sección SAN JUAN:

ISSN 0037-8437

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

Director: Dr. PEDRO CATTANEO
Secretario de Redacción: Dr. EDUARDO A. CASTRO

ENERO - DICIEMBRE 1990 - VOLUMEN 220



Avda. SANTA FE 1145
1059 BUENOS AIRES
ARGENTINA
1990

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (1-6)

ESTREPSIPTEROS EN ARGENTINA PARASITOIDES DE INSECTOS HOMOPTEROS FULGOROIDEOS (INSECTA - STREPSIPTERA)

Ana M. Marino de Remes Lenicov y Amanda Tesón

División Entomología, Facultad de Ciencias Naturales
y Museo de La Plata
Av. Paseo del Bosque s/n
1900 La Plata. Argentina.

RESUMEN

En esta contribución se estudia por primera vez para Argentina al estrepsíptero *Elenchus Tenuicornis* (Kirby, 1815), como enemigo natural de homópteros fulgoroideos; resulta así la cuarta especie registrada en este país como parasitoide de homópteros. Se consideran los caracteres morfológicos usados con fines diagnósticos en el primer estado larval, pupa, hembra neoténica y macho, y se redefinen datos sobre su distribución e incidencia. Se citan como húespedes a tres especies de fulgoroideos delfácidos: *Delphacodes kuscheli* Fennah, 1955, *Toya argentinensis* (Muir, 1929) y *T. propinque* (Fieber, 1866) colectados sobre cultivos de trigo (*Triticum aestivum* L.), maiz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.).

ABSTRACT

ESTREPSIPTERS IN ARGENTINA PARASITOID
OF INSECTS HOMOPTERAN FULGOROIDEA
(INSECTA - STREPSIPTERA)

This paper deals with the study of estrepsipters *Elenchus tenuicornis* (Kirby, 1815) as natural enemics of planthoppers, being this the first study carried out in our country. It is the fourth species recorded in Argentina as an homopteran parasitoid.

The morphological characters used for the diagnosis of the first instar larval, pupa, neotenic female and male are redescribed, data of distribution and incidence are redefined. Three species of delphacids: *Delphacodes kuscheli* Fennah, 1955, *Toya argentinensis* (Muir, 1929) and *T. propinqua* (Fieber, 1866) as hosts are cited wich has been collect on wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.) and oat (*Avena sativa* L.)

INTRODUCCION

Dada la importancia económica que tienen los homópteros fulgoroideos, y particularmente los delfácidos, por ser trasmisores de patógenos a cultivos cerealeros, se estudió aquí a uno

de sus enemigos naturales perteneciente a la Familia *Elenchidae*, Perkins, 1905 del Orden *Strepsiptera.*

Acerca de la Flia. *Elenchidae* a nivel mundial son destacables los aportes morfológicos y biológicos realizados desde Inglaterra (Hassan, 1939; Williams, 1957; Fox, 1967, 1968; Kathirithamby, 1988, 1989), Alemania (Lindberg, 1949, 1960; Baumert 1959; Kinzelbach, 1971), Francia (Abdul-Nour, 1971). No obstante la bibliografía existente, son pocos los estudios de conjunto y resultan insuficientes para esclarecer la discutida posición sistemática de sus especies. Esta situación se plantea en parte, porque muchas de ellas fueron delimitadas teniendo en cuenta sólo a sus huéspedes, sin atender mayormente a los caracteres morfológicos. También, porque algunas descripciones fueron realizadas basándose en ejemplares hembras, las cuales no presentan diferencias significativas como para sustentar una clasificación, tal como lo admitiera Oglobin (1926).

Las contribuciones argentinas referidas a los estrepsípteros parasitoides de homópteros son escasas; hasta el presente sólo se han descripto tres especies y todas ellas reunidas en la Flia. *Halictophagidae* Perkins, 1905: *Diozocera argentina* Pierce, 1941, como parasitoide de *Xerophloea viridis* Fabr. (Homop.-Cicadellidae); *Membracixenos desantisi* - Lenicov, *C. malina* (Germ.) y *Stictocephala bifasciata* (Fairm.) (Homop.-Membracidae) y *Membracixenos placula* Remes Lenicov-Tesón, 1975, cqmo parasitoide de *Curtara página* (De Long y Freytag) (Homop.-Cicadellidae). En cuanto a la Flia. *Elenchidae*, en 1979 y 1983, ha sido señalada por las autoras como parasitoide de varias especies de delfácidos.

El objetivo de esta contribución es citar por primera vez para Argentina a *Elenchus tenuicornis* Kirby, 1815 como enemigo natural de homópteros fulgoroideos y destacar sus caracteres diagnósticos más sobresalientes. Constituye nuestro propósito además dar a conocer como hospedadores a tres especies de delfácidos: *Delphacodes kuscheli* Fennah, 1955; *Toya argentinensis* (Muir, 1929) y *T. propinqua* (Fieber, 1866) que resultan ser las más abundantemente halladas sobre trigo (*Triticum aestivum* L.), maiz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) siendo estos los cultivos cerealeros de mayor difusión en las provincias de Buenos Aires y Córdoba.

MATERIALES Y METODOS

Los parasitoides macho fueron obtenidos vivos en el laboratorio a partir de la cría en cautividad del huésped; las hembras y los estados inmaduros se extrajeron por disecación. Todas las formas fueron conservadas en alcohol 70º para ser posteriormente preparadas y montadas siguiendo la técnica usada por Abdul-Nour (1971).

Los datos merísticos fueron tomados basándose en el examen de 50 ejemplares de cada una de las formas consideradas. Las medidas, expresadas en milímetros, corresponden a los valores promedio con su respectiva amplitud de variación.

RESULTADOS

CONSIDERACIONES TAXONOMICAS

Elenchidae Perkins, 1905

HUESPED: parasitoides de Homoptera Fulgoroidea.
DISTRIBUCION GEOGRAFICA: representados en todas las regiones zoogeográficas.

Elenchus Curtis, 1831

HUESPED: Sólo se lo registra como parasitoide de la Flia. Delphacidae.
DISTRIBUCION GEOGRAFICA: Cosmopolita.

Elenchus tenuicornis (Kirby, 1815)
(Lam. I; figs. 1 a 11)

Stylops tenuicornis Kirby, 1815: 233
Elenchus tenuicornis Saunders, 1872: 32
Triungulinida (fig. 1). Amarillo claro; área ocular de color negro con 4 o 5 fasetas transparentes.

Cabeza más ancha que larga, retraída dentro del primer segmento torácico; margen posterior fuertemente escotado. Placas maxilares transversales ubicadas sobre el margen anterior. Antenas setiformes. Labio pequeño, subrectangular, de posición media, con un par de largas setas que llegan hasta la mitad del protórax.

Esternotórax representado por una placa mediana por segmento débilmente esclerozadas, con 2 a 4 finas setas implantadas en sus bordes posteriores. Patas de aspecto similar; coxas amplias con una serie interna larga y fuerte; fémures robustos con débiles setas basales dispuestas irregularmente en su cara inferior; tibias cilíndricas con una seta externa y 3 internas; tarsos aciculares.

Margen posterior de los uroesternitos I al VIII con un par de finas setas medianas; IX con una fila de setas pequeñas de las que sobresalen 2 pares: centrales y laterales respectivamente, y un largo proceso a cada lado en donde se implantan las sublaterales posteriores. Segmento X, transverso; estilos caudales fuertes. Urotergitos I al VIII recurvados hacia atrás, con un par de setas laterales que aumentan progresivamente de tamaño; las del IX xon más fuertes y 2 veces más largas.

Dimensiones: Long. total: 0,138 (0,126-0,243); ancho máximo a nivel de cabeza: 0,044 (0,040-0,045); ancho máximo a nivel del tórax: 0,075 (0,070-0,077); long. setas sublaterales posteriores: 0,028 (0,025-0,030); long. estilos caudales: 0,06 (0,046-0,063).

Pupario macho (figs. 2 y 3). Castaño.

Cefaloteca circular, abovedada. Esbozos antenales conspicuos, próximos a los ojos. Boca transversa, ubicada en la mitad inferior; clípeo pequeño; mandíbulas de contorno oval, área dentada poco marcada; esbozos maxilares discoidales, pequeños, ubicados lateralmente y por debajo de la boca. Dimensiones: Long. cefaloteca: 0,333 (0,29-0,47); ancho cefaloteca: 0,328 (0,325-0,329); long. mandíbula: 0,045 (0,040-0,046); ancho mandíbula: 0,026 (0,024-0,027).

Hembra (figs. 4, 5 y 6). Cefalotórax castaño.

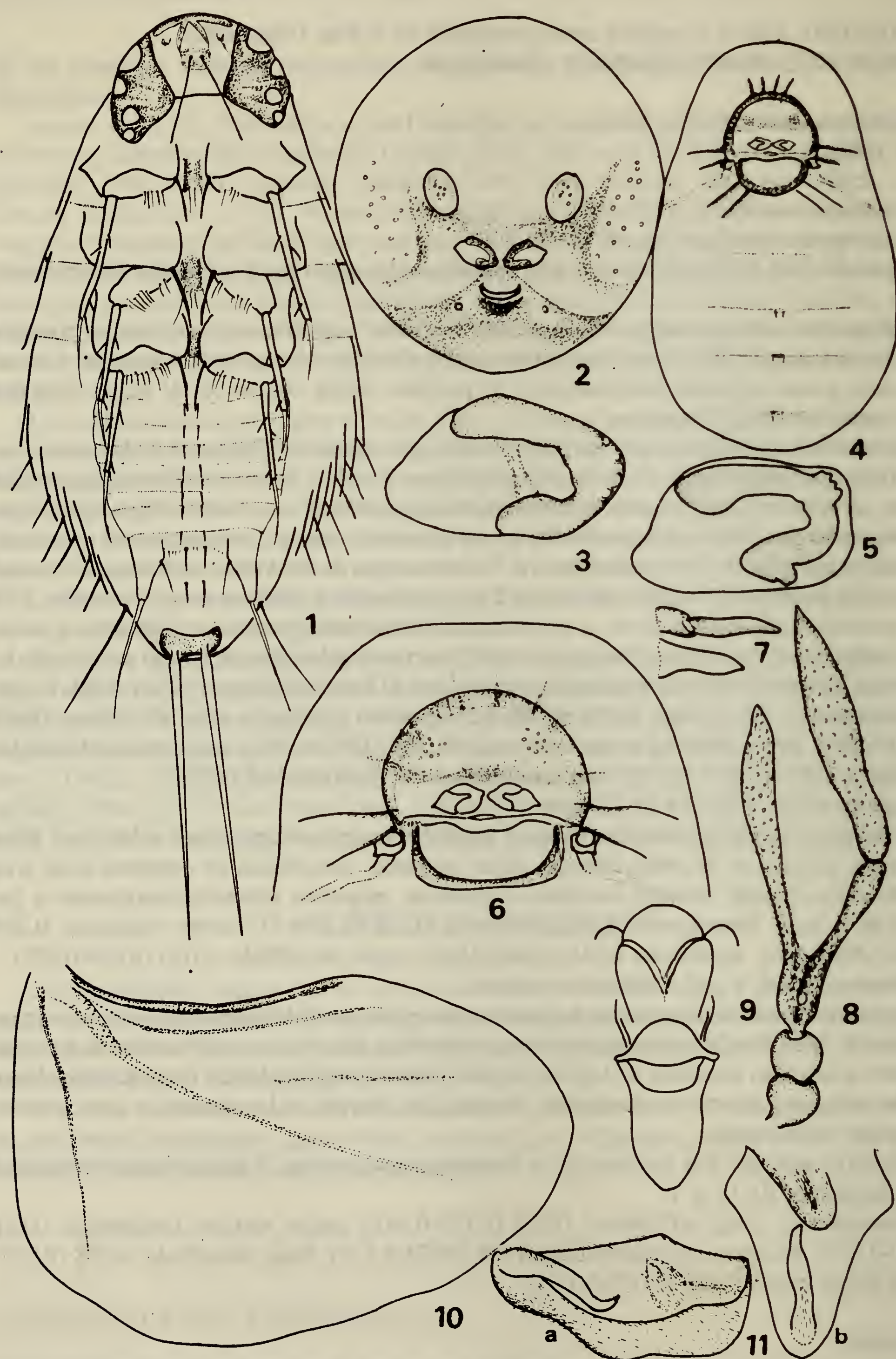
Cápsula cefálica semicircular con los poros de las glándulas de Nassonov dispuestos en grupo a cada lado. Mandíbulas próximas, transversas, superficie interna con un área dentada pequeña en donde se insinúan alrededor de 4 dientes romos. Cámara de cría suboval, más ancha que larga, con los márgenes laterales redondeados. Espiráculos laterales a la cámara de cría; proceso espiracular espiniforme.

Región uroesternal más esclerozada en los primeros segmentos, 3 tubos genitales medianos en los segmentos III, IV y V.

Dimensiones: Long. cefalotórax: 0,200 (0,198-0,241); ancho máximo cefalotórax: 0,181 (0,180-0,183); distancia interespiracular: 0,122 (0,121-0,124); long. mandíbula: 0,038 (0,035-0,040); ancho mand. 0,020 (0,019-0,022).

Macho:

Observaciones: Los caracteres anatómicos que ofrece el adulto han sido detalladamente descriptos e ilustrados por Hassan 1939, Kinzelbach, 1971, y Abdul-Nour, 1971, por lo que nos limitaremos a presentar los datos merísticos de aquellas estructuras que mostraron mayores variaciones; las ilustraciones correspondientes a la antena, mesonoto, ala y genitalia representan las estructuras diagnósticas más relevantes.



Figs. 1 a 11: *Elenchus tenuicornis* (Kirby). 1 triungulínida (x1.500). Pupario macho; 2, cefaloteca (x300); 3, mandíbula (x1.500). Hembra: 4, aspecto ventral (x600); 5, mandíbula (x1.500); 6, cefalotórax (x300). Adulto macho: 7, maxila y mandíbula (x300); 8, antena (x300); 9, metatórax (x300); 10, ala (x150); 11 a y b, genitalia, vista lateral y postero-dorsal, respectivamente (x300).

Dimensiones: Long. maxilar: 0,127 (0,125-0,132); long. mandíbula: 0,093 (0,087-0,095); long. aedeagus: 0,103 (0,100-0,11).

HUESPEDES: Hallada sobre *Delphacodes kuscheli* Fennah, 1955, *Toya argentinensis* (Muir, 1929) y *T. propinqua* (Fieber, 1866). Esta última especie es conocida como su huésped desde la región paleártica (Lindberg, 1960).

Los huéspedes mencionados representan los delfácidos más abundantes en los cultivos cerealeros de nuestro país y han sido objeto de estudio por su vinculación con la enfermedad virósica del maíz "Mal de Río Cuarto" (Remes Lenicov et al, 1985).

Es sabido que la magnitud de los efectos que produce este parasitoide sobre el huésped, depende principalmente de la edad en que es atacado y del número y sexo de formas que albergue; entre los materiales estilopizados se han observado desde formas con tamaño reducido, tégmenes mal formados, fusión y corrimiento de los segmentos abdominales y en los casos más extremos, especialmente en los machos, atrofia total de las estructuras genitales.

DISTRIBUCION GEOGRAFICA: Eurasia, Africa, Australia e islas del Pacífico, América del Norte y ahora Argentina: Córdoba y Buenos Aires.

MATERIAL EXAMINADO: 50 machos, puparios machos, hembras y triungulínidas, Córdoba, Sampacho; XII-1983; I-1984; III-1985; s/D. kuscheli, T. argentinensis y T. propinqua; Dagoberto, leg; 10 machos, puparios machos, hembras y triungulínidas; Buenos Aires, La Plata; IV-1976; Remes Lenicov, leg; 3 machos, Buenos Aires, Oglobin leg.

CONCLUSIONES

Se señala por primera vez para Argentina a *Elenchus tenuicornis* y se citan como nuevos hospedantes a *Delphacodes kuscheli* Fennah, 1955, *Toya argentinensis* (Muir, 1929) y *T. propinqua* (Fieber, 1866).

BIBLIOGRAFIA

H. ABDUL-NOUR, Contribution a l'etude des parasites d'homonteres auchenorrhynques du sud de la France: Dryinidae (Hymenopteres) et Strepsipteres. Universite des Sciences et Techniques du Languedoc (These) (1971), p. 154.
D. BAUMERT, *Zool. Beitr.* 4 (3) (1959) 343.
J. CURTIS, *British Entomology* 8 (1831) 383.
J. W. FOX, *Proc. R. ent. Soc. Lond.* (B) 36 (3-4) (1967) 41
J. W. FOX, *Proc. ent. Soc. Wash.* 70 (3) (1968) 238.
A. I. HASSAN, *Trans. R. ent. Soc. Lond.* 89 (1939) 345.
J. KATHIRITHAMBY, *Proc. Sixth Auchenorrhyncha Meeting.* Turín (1988) 631.
—— *Systematic Entomology* 14 (1989) 41.
R. KINZELBACH, Hanbuch der Zoologie IV. Band: Arthropoda, 2, Halfte: Insecta, 2 (23) (1971), p. 61
W. KIRBY, *Trans. Linn. Soc. Lond.* 11 (2) (1815) 233.
H. LINDBERG, *Acta zool. Fenn.* 57 (1949) 1.
—— *Comment. Biol. Soc. Sci. Fenn.* 23 (6) (1960) 1.
A. OGLOBIN, *Sbornik entom. odd. Nár. Musea Praze* 4 (38) (1926) 133.
R. C. PERKINS, *Bull. Hawaiian Sugar Planters Association Experiment Sta.* 1 (3) (1905) 90.

D. PIERCE, *Bull. South Calif. Acad. Sciences* 11 (1) (1941) 1.
A. M. M. DE REMES LENICOV, *Rev. Soc. ent. Arg.* 32 (1-4) (1970) 35.
A. M. M. DE REMES LENICOV Y A. TESON, *Neotrópica* 21 (65) (1975) 65.
—— *Neotrópica* 25 (73) (1979) 69.
A. M. M. DE REMES LENICOV, A. TESON, E. DAGOBERTO Y N. HUGUET, *Gac. Agron.* 25 (1985) 251.
S. S. SAUNDERS, *Trans. ent. Soc. Lond.* (1872), p. 50.
A. TESON Y A. M. M. DE REMES LENICOV, *Rev. Soc. ent. Arg.* 42 (1-4) (1983) 313.
J. R. WILLIAMS, *Trans. R. ent. Soc. Lond.* 109 (1957) 65.

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (7-18)

PROBOPYRUS RINGUELETI VERDI Y SCHULDT, 1988 (CRUSTACEA, EPICARIDEA, BOPYRIDAE) HUESPED DE LAS CAMARAS BRANQUIALES DE PALAEMONETES ARGENTINUS NOBILI, 1901 (CRUSTACEA, CARIDEA, PALAEMONIDAE): ASPECTOS ETOFISIOLOGICOS DEL CONSORCIO Y SU CORRELATO TAXONOMICO

Miguel Schuldt

Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (ILPLA) Fac. de Cs. Naturales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1900

RESUMEN

Probopyrus ringueleti Verdi y Schuldt es una especie afin a *Probopyrus pandalicola* (Packard), *P. floridensis* Richardson y *P. bithynis* Richardson, distinguiéndose los adultos de *P. ringueleti* de las restantes por el estado de unos pocos caracteres morfológicos externos. una mejor diferenciación entre las especies en cuestión es factible considerando: a) el comportamiento de las larvas criptonisquias relativas a especificidad parásito-hospedador, b) los estratos de la población de hospedadores atacados inicialmente, c) la predilección por determinadas áreas corporales del hospedador, d) la intensidad de la infección, e) la incidencia de la parasitosis sobre la mortalidad de los hospedadores, y f) el que la etapa endoparásita de las criptonisquias constituya o no un prerequisito para el desarrollo ulterior del parásito.

ABSTRACT

Probopyrus ringueleti Verdi and Schuldt 1988 (Crustacea, Epicaridea, Bopyridae) a parasite of branchial chambers of Palaemonenetes argentinus Nobili 1901 (Crustacea, Caridea, Palaemonidae): Ethophysiological aspects of consorts and taxonomic implications.

Probopyrus ringueleti Verdi and Schuldt, *P. pandalicola* (Packard), *P. floridensis* Richarson and *P. bithynis* Richarson are closely related species. Adults of P. ringueleti could be distinguished from the only by a few states of morphological characters. A further distinction between these species can be understood considering: a) behaviour of cryptoniscus larvae in relation to host specificity, b) structure (size) of host population in relation to infection, c) affinity to different body areas, d) intensity of infection, e) incidence on host mortality, and f) compulsory or non compulsory endoparasitic phase.

INTRODUCCION

La existencia postlarval de *Probopyrus ringueleti* Verdi y Schuldt se desarrolla en las cámaras branquiales del camarón dulceacuícola *Palaemonetes argentinus* Nobili (Verdi y Schuldt, 1988).

En los camarones infectados (prevalencia del 1-70%), generalmente, sólo una de las cámaras es ocupada por la desigual pareja de parásitos: una gran hembra (de hasta 6,5 mm de largo) que suele portar en su abdomen un diminuto macho (1,5 mm de longitud) (Schuldt y Damborenea, 1989). La hembra alberga a su prole hasta que eclosionan las epicarideas (primer estadio larval) que abandonan el marsupio materno. Se supone que al igual que otros bopíridos (Dale y Anderson, 1982) las epicarideas de *Pr. ringueleti* requieren un copépodo planctónico (hospedador intermediario) sobre el cual exprimentan la metamorfosis, originando micronisquias que a su vez se transforman en criptonisquias. Este tercer y último estadio larval abandona el copépodo en busca del hospedador definitivo: *Pa. argentinus*. Detectado el camarón, las criptonisquias exhiben 2 modalidades de colonización: una endoparásita (ingresan a la hemolinfa) y otra ectoparásita (branquial).

La oportunidad, extensión y significación de las alternativas endo-ectoparásitas requieren una consideración ya que estos aspectos asumen características diferentes en distintas duplas parásito-hospedador (tabla 3), lo cual obliga a considerar asimismo el grado de especificidad de los sistemas (duplas). Estas cuestiones son analizadas en el presente trabajo, no sólo con el propósito de aportar información sobre biología y comportamiento de las larvas de *Pr. ringueleti*, sino también a los fines de lograr un mayor contraste entre *Pr. ringueleti* y *Pr. pandalicola* (Packard), dado que ambas especies sólo difieren en el estado de unos pocos caracteres morfológicos.

En el caso del género *Probopyrus* Giard y Bonnier, Markham (1985b) estima que este es fácilmente reconocible sobre bases anatómicas, no así las especies del mismo dada la gran plasticidad morfológica que exhiben éstas (Dale y Anderson, 1982; Markham, 1985a). Tal es así que Markham (1985a) pasa a sinonimia a 32 especies de *Probopyrus* (equiparándolas a *Pr. pandalicola*), de las cuales Dale y Anderson (1982) rescatan a *Pr. pandalicola*, *Pr. floridensis* Richardson y *Pr. bithynis* Richardson considerando el comportamiento de las larvas de cada una de ellas. Estas 3 especies son las que presentan mayor afinidad con *Pr. ringueleti*. *Pr. bithynis* es la especie del grupo que se halla geográficamente más próxima a *Pr. ringueleti*, observándose sin embargo entre ambas las mayores diferencias morfológicas (Verdi y Schuldt, 1988).

Consecuentemente, si para la caracterización de una especie cualquiera es deseable contemplar un espectro de criterios diagnósticos, desde lo genético hasta lo morfológico en su sentido más amplio, en el caso particular del género *Probopyrus*, es imperativo evitar tipificaciones sesgadas hacia lo exosomático, y destacar las peculiaridades fisiológicas que derivan de la coordinación genética (Eibl-Eibesfeldt, 1974). Por tal motivo cuando se describió a *Pr. ringueleti* pareció adecuado hacerlo considerando la historia vital de los consortes y su interaccionar, aún reconociendo que las bases genéticas de diversos aspectos de la bionómica reproductiva (extensión del período de puesta, tamaño y calidad de la misma) son enmascarados por la interacción de factores abióticos y bióticos propios de las comunidades a las que pertenecen los organismos en cuestión (Wildish, 1980; Verdi y Schuldt, 1988; Schuldt y Damborenea, 1989). Al presente se posee información referida al comportamiento de las larvas de *Pr. ringueleti* y *Pr. pandalicola* (modalidades de colonización de los hospedadores, respuestas de estos frente a los invasores) que no fue considerada en Verdi y Schuldt (1988), y que como las experiencias de Dale y Anderson (1982) y Anderson (1990) manifiestan, reflejan mejor su filiación, proporcionando elementos adicionales de valor taxonómico. Las cuestiones de índole metodológica inherentes al relevamiento y la evaluación del con-sorcio son tratados en extenso en Schuldt y Rodrigues-Capítulo (1987) y Schuldt y Damborenea (1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

Especificidad de los Bopíridos.

Respecto de la especificidad y distribución geográfica de las duplas parásito-hospedador, en

el caso de los *Bopyrinae* (una de las más antiguas subfamilias de *Bopyridae*, y a la cual pertenece el género *Probopyrus*), la coespeciación prevalece sobre la coacomodación, lo cual condice con una especificidad elevada, como comprueban Dale y Anderson (1982) y Anderson (1990). Las discrepancias al especto surgen cuando las referencias son anteriores a 1980 (vease la síntesis de Beck, 1980a), estimándose sobre la base de estas que *Pr. pandalicola* se asocia a por lo menos 16 paleomónidos marinos y dulceacuícolas diferentes. Estas discordancias se explican dada la plasticidad orfológica de los bopíridos y las confusiones existentes en torno de algunas especies de *Palaemonetes* Heller [vg. *Pa. vulgaris* (Say), *Pa. intermedius Holthuis, Pa. pugio Holthuis*; Anderson, 1990].

Del análisis de la morfología de las larvas de *Pr. pandalicola, Pr. floridensis* y *Pr. bithynis* y del comportamiento de las mismas relativas a respuestas de natación, a la proximidad de los potenciales hospedadores, así como el interaccionar de los sistemas parasito-hospedador a partir del establecimiento del consorcio, se perfila la conformación de las siguientes asociaciones (Dale y Anderson, 1982; Anderson, 1990): *Probopyrus pandalicola - Palaemonetes pugio, Pr. floridensis - Pa. paludosus* (Gibbes) y *Pr. bithynis - Macrobrachium ohione* (Smith).

Pr. bithynis, aparentemente, también se asocia con Macrobrachium amazonicum (Heller), *M. acanthurus* (Wiegmann), *M. borellii* (Nobili) y *Pa. argentinus* (Lemos de Castro y Brasil-Lima, 1974; Genofre, 1982; Tsukamoto y Souza, 1983; Verdi, 1989). Cabe acotar que los *Pr. bithynis* de todos estos hospedadores manifiestan una gran variabilidad (Lemos de Castro y Brasil-Lima, 1974), variabilidad que al menos en lo que respecta al tamaño de los parásitos, según Tsukamoto y Souza (1983), se halla fijada genéticamente (caso de las infecciones en *M. amazonicum* — variedad gigas de *Pr. bithynis_ Macrobrachium ohione* (Smith).

Pr. bithynis, aparentemente, también se asocia con Macrobrachium amazonicum (Heller), *M. acanthurus* (Wiegmann), *M. borellii* (Nobili) y *Pa. argentinus* (Lemos de Castro y Brasil-Lima, 1974); Genofre, 1982; Tsukamoto y Souza, 1983; Verdi, 1989). Cabe acotar que los *Pr. bithynis* de todos estos hospedadores manifiestan una gran variabilidad (Lemos de Castro y Brasil-Lima, 1974), variabilidad que al menos en lo que respecta al tamaño de los parásitos, según Tsukamoto y Souza (1983), se halla fijada genéticamente (caso de las infecciones en *M. amazonicum* _variedad gigas de *Pr. bithynis_ y Pa. argentinus*). Lemos de Castro y Brasil-Lima (1974)) citan un posible *Pr. bithynis* (decididamente distinto de *Pr. ringueleti*) en *M. borellii* del río Luján. La cita efectiva de *Pr. bithynis* más próxima a Punta Lara (localidad tipo de *Pr. ringueleti*; margen argentina del Río de la Plata; tabla 1) es la de Verdi (1989), quien lo halla en *M. borellii* de la orilla opuesta del Río de la Plata (área de Colonia; Rep. Oriental del Uruguay). Es posible que este conglomerado de variedades de *Pr. bithynis*, de distintos hospedadores, permita en un futuro delimitar especies a partir de la morfología, de la etofisiología larval y de la biología de los consorcios.

Pr. ringueleti se asocia con *Pa. argentinus* y *M. borellii*. En el área de muestreo de *Pr. ringueleti* (tabla 1: estación 1) existe un neto predominio de *Pa. argentinus*. Aguas arriba del Canal Villa Elisa (tabla 1: estaciones 3-6) se incrementa el número de *M. borellii*, llegando en algunos casos a superar el 40% de los camarones capturados (el agrupamiento de las estaciones en la tabla 1 se efectuó teniendo en cuenta salinidad y proximidad del Río de la Plata). La prevalencia de *Pr. ringueleti* en *Pa. argentinus* y *M. borellii* difiere significativamente en ambos camarones, lo cual es indicativo de una preferencia por *Pa. argentinus* (tabla 1). Ciertamente, la menor densidad de *M. borellii* respecto de *Pa. argentinus* hace que la probabilidad de encuentro parásito-hospedador se vea afectada. Sin embargo, para el establecimiento del consorcio juega un rol importante la turbulencia del medio (mínima en el área estudiada), la provocada por el potencial huésped (*M. borellii* posee mayor talla que Pa. argentinus) y la detección de tipo químico (Markhan,1947; Dale y Anderson, 1982, Anderson y Dale, 1989; Anderson, 1990), compensándose la aleatoriedad del encuentro. En el listado de las asociaciones analizadas (tablas 2, 3) se observa que *Pr. bithynis* manifiesta una afinidad más genérica que especifica con *Macrobrachium*

ssp. Markham (1986) estima que, en general, la especificidad de los bopíridos decrece con la latitud, lo cual considerando el rango latitudinal que abarcan las duplas de la tabla 2 (franja circa e intertropical) no es estrictamente aplicable.

Los bopíridos más antiguos pertenecen al jurásico (Austria) y parasitaban a galateidos (Markham, 1986). *Macrobrachium sp.* se constata desde el oligoceno (USA) (Feldmann, 1981). El género *Probopyrus* es el único que posee especies con capacidad para desarrollarse en ambientes totalmente dulceacuícolas, y en lo que se refiere a nuestro subcontinente, se vincula a las faunas relictuales terciarias del mar del Tethys (Szidat, 1977; Markham, 1986) evidenciando el desarrollo larval no abreviado (eclosión de zoeas) de *M. amazonicum*, *M. acanthurus* [1], *Pa. argentinus* un ingreso relativamente reciente al agua dulce (Boschi, 1960, 1980; Menu-Marque, 1973; Beck y Cowell, 1976; Coelho et al., 1982; Gamba, 1982, 1984; Moreira et al., 1982). Consecuentemente, la menor especificidad puede relacionarse con el proceso coevolutivo de las duplas que localmente experimentó un sesgo coadaptativo en detrimento de la coespeciación (Brooks, 1979, 1986; Markham, 1986). Considerando un gradiente de mayor a menor especificidad en la conformación de los 4 sistemas parásito-hospedador analizados, el ordenamiento de las 4 especies de parásitos es el siguiente: *Pr. pandalicola*, *Pr. floridensis*, *Pr. ringueleti* y *Pr. bithynis*. La secuencia se correlaciona en términos de semejanzas en la morfología externa de los parásitos adultos y no con la distribución geográfica de las duplas. El criterio de la correlación morfológica variación geográfica motiva el pase a sinonimia de *Pr. floridensis* y *Pr. bithynis* (Markham, 1985a). Sobre la base del estado actual del conocimiento del género Probopyrus en el área platense, es evidente que la taxonomía del grupo dista de estar resuelta (¿es realmente *Pr. bithynis* el parásito citado por Genofre, 1982, y Tsukamoto y Souza, 1983?). Interesa rescatar no obstante que si bien es necesario intensificar el relevamiento de datos sobre historia vital y comportamiento de *Pr. bithynis* en áreas próximas (Brasil, Uruguay), las diferencias morfológicas entre *Pr. ringueleti* y *Pr. bithynis* no responden a simples variaciones geográficas (véase introducción).

Las alternativas endo-ectoparásitas y su significación en el marco de la historia vital del consorcio.

El comportamiento de las larvas de *Pr. ringueleti* previo al establecimiento del consorcio es desconocido. Szidat (1977)[2] supone que el ciclo de Pr. ringueleti es directo, lo cual no se condice con las observaciones de Dale y Anderson (1982) acerca de *Pr. pandalicola*, *Pr. floridensis* y *Pr. bithynis* utilizando al copépodo Acartia tonsa Dana como hospedador intermediario (según Dale y Anderson, 1982, existen aproximadamente 10 especies de copépodos como posibles hospedadores). Este copépodo ha sido citado para aguas costeras y estuarios del sur de Brasil, Uruguay y Argentina (Björnberg, 1981). Reiterados intentos para localizar al copépodo que oficia de intermediario para el consorcio *Pr. ringueleti* - *Pa. argentinus* no arrojaron resultados positivos, ignorándose al presente si *A. tonsa* se aproxima al área de Boca Cerrada (Punta Lara). No obstante, el lapso de 3-4 meses que transcurre entre la liberación de las primeras epicarideas (agosto/setiembre) y el inicio de la colonización de *Pa. argentinus* (enero) condice con la existencia de hospedador intermediario[3]. La permanencia sobre el copépodo se reduce a 1-2 meses si es

---

1. Las larvas de *M. acanthurus* y *M. amazonicum* requieren, o se desarrollan mejor en aguas salobres (7-28%) (Coelho et al., 1982; Gamba, 1982; Moreira et al., 1982). *M. borellii* posee desarrollo abreviado, eclosionando postlarvas (Boschi, 1960).
2. Se trata de un trabajo póstumo redactado a partir de notas y observaciones puntuales del Dr. L. Szidat. *Pr. ringueleti* es citado en ese trabajo como *Pr. oviformis* Nierstrasz y Brender a Brandis (véase Verdi y Schuldt, 1988).
3. Lapso que además de la permanencia sobre el hospedador intermediario incluye los días de vida libre que las criptonisquias eventualmente requieren hasta hallar al hospedador definitivo (Anderson y Dale, 1989).

considerado el período de mayor actividad sexual de *Pr. ringueleti* (setiembre/octubre-febrero) por lo que la prole derivada de las últimas puestas de *Pr. ringueleti* permanece sobre el copépodo desconocido menos de un mes (Schuldt y Damborenea, 1989) aproximándose a lo constatado por Anderson (1990) en experiencias de acuario con larvas de *Pr. pandalicola.* Respecto del destino de las criptonisquias con posterioridad al abordaje del hospedador definitivo no existe concordancia en cuanto al carácter obligado o facultativo que le cabe a la fase intratisular de estas larvas. Según Veillet (1945), Bourdon (1961), Szidat (1977), y Anderson (1990) la fase ectoparásita se relaciona con el desarrollo previo de una etapa endoparásita. En cambio, tanto Beck (1980c) como Schuldt y Damborenea (1988) estiman que la etapa intratisular constituye un evento aleatorio sin significación para el desarrollo ulterior del parásito. Las apreciaciones de ambos autores radican en observaciones de campo, y si bien adolecen de una etapa experimental, son fruto de trabajos de corte poblacional, con amplia cobertura muestral (Beck, 1979, 1980 ab; Schuldt y Damborenea, 1989). El disenso respecto de si la fase endoparásita constituye un prerequisito puede radicar en la dispar composición específica de dada dupla, conformándose sistemas interactuantes diferentes, lo cual, entre otros aspectos, hace al momento en que tiene lugar la infección del hospedador definitivo (y que difiere en cada sistema). También la intensidad de la infección adquiere en algunos casos un carácter distintivo (*Pr. pandalicola* vs. *Pr. ringueleti*) (Tabla 3).

El trabajo experimental de Anderson (1990; com. pers.) avala el carácter obligado de la fase endoparásita de *Pr. pandalicola* en *Pa. pugio*, estableciendo que la 1er. criptonisquia que invade *Pa. pugio* desarrolla durante 2 semanas una vida endoparásita que da paso al ectoparasitismo branquial. La 2da. criptonisquia se dirije al área branquial del camarón sin cumplir etapa endoparásita alguna, situándose directamente sobre el abdomen de la hembra de *Pr. pandalicola,* sobre la cual evoluciona como macho. Anderson (1990) constata que la 1er. infección de las criptonisquias de *Pr. pandalicola* se circunscribe a zoeas (desde los primeros a los últimos estadios) y jóvenes postlarvas de *Pa pugio*, provocando en estas mortalidad tanto más apreciable cuanto más jóvenes son las zoeas. *Pr. pandalicola* asimismo infecta a los últimos estadios de zoea de *Pa. vulgaris*, pero con mortalidad acentuada (cercana al 100% de los camarones en algunos lotes), no observándose infecciones permanentes de *Pr. pandalicola* en *Pa. vulgaris.* Anderson

TABLA 1

Estaciones	*Pa. argentius (camarones parasitados)*	*M. borellii (camarones parasitados)*	X^2	*P*
0 - 1 (0 - 0,5 km) sales: hasta 300 mg/1	25,14% (n=121)			
2 - 3 (0,5-1,5 km) sales: hasta 300 mg/1	9,69% (n=227)	1,85% (n=54)	3,467	< 0,10
4 - 6 (1,5-7 km) sales: 600 - 1.200 mg/1	7,55% (n=265)	1,55% (n=129)	6,649	< 0,01
	12,89% (n=667)	1,64% (n=183)	18,169	< 0,001

Tabla 1: Canal Villa Elisa (CVE) (Boca Cerrada, Selva Marginal de Punta Lara, Provincia de Buenos Aires, Argentina). Prevalencia en *Palaemonetes argentinus y Macrobrachium borelli* con *Probopyrus ringueleti.* Test del "ji²" (X^2) y probabilidad (P) (distancia en Km desde la confluencia del CVE con el río de la Plata y salinidad) (Fecha de muestreo: 24.08.1987).

TABLA 2

Consorcio		*Tipo de desarrollo de lo camarones*	*Habitat de los camarones*
Pr. pandalicola	– *Pa. vulgaris**	No abreviado: eclosionan zoeas (7-11 estadios larvales).	Marino
	– *Pa. pugio*		Estuarial
Pr. floridensis	– *Pa. paludosus*	Abreviado: pero todavía eclosionan zoeas (3 estadios larvales)	Dulceacuícola
Pr. ringueleti	– *Pa. argentinus*	No abreviado: 9 larvas.	Dulceacuícola y salobre.
	– *M. borellii*	Abreviado: eclosiona postlarva	Dulceacuícola y salobre.
Pr. bithynis	– *M. Ohione*	?	Dulceacuícola
	– *M. acanthurus*	No abreviado: eclosionan zoeas (9-10 estadios larvales)	Dulceacuícola y salobre
	– *M. amazonicum*		Dulceacuícola
	– *M. borellii*	véase arriba	
	– *Pa. argentinus*	véase arriba	

* sólo exhibe infecciones transitorias con Pr. pandalicola

Tabla 2. Especies afines de Probopyrus y Palaemonidae parasitados. tipo de desarrollo de los hospedadores y hábitat de los camarones adultos (Fuentes: Boschi, 1960, 1981; Menu-Marque, 1973; Lemos de Castro y Brasil-Lima, 1974; Beck, 1979, 1980 abc; Coelho et al., 1982; Dale y Anderson, 1982; Gamba, 1982 Genofre, 1982; Moreira et al., 1982; Tsukamoto y Souza, 1983; Schuldt y Rodrigues-Capítulo, 1987; Verdi y Schuldt, 1988; Anderson y Dale, 1989; Verdi, 1989; Anderson, 1990).

(1990) no consigue la infección intratisular de Papugio pertenecientes a etapas postlarvales tardías, siendo asimismo infructuosos los intentos de reinfestar con criptonisquias vía intratisular a camarones con parásitos branquiales (Anderson, com. pers.).

El estudio de Beck (1979) evidencia que la colonización (endo y ectoparásita) de *Pa. paludosus* por *Pr. floridensis*[4] se concentra en jóvenes postlarvas con un sesgo hacia las futuras hembras. Las criptonisquias (endo y ectoparásitas) de *Pr. ringueleti*, en cambio, manifiestan cierta preferencia por camarones de mayor porte en general y hacia las hembras de mayor talla en particular. Ambos sexos de este estrato poblacional son eliminados poco después de la infección por mortalidad (no debida al parásito: estos camarones se hallan próximos al límite de la sobrevida natural), por lo que la colonización de camarones de ambos sexos donde existe diferenciación sexual secundaria (tránsito de juveniles a subadultos).

En cada uno de los 3 sistemas bien conocidos al presente el asentamiento de larvas abarca distintos estratos de la población de camarones (tabla 3). Por tratarse en 2 de los 3 consorcios evaluados de estudios de campo, podría suponerse que una eventual mortalidad de los camarones atacados por *Pr. floridensis* y *Pr. ringueleti* en etapas tempranas del desarrollo (zoeas y jóvenes potlarvas) hiciese que la infección de los mismos fuera inadvertida. No es posible ser categórico al especto, si bien existen 3 motivos por los cuales al menos en *Pa. argentinus* se torna improbable la colonización de zoeas y jóvenes postlarvas: 1) La mortalidad de los camarones que destaca Anderson (1990) alcanza un valor máximo cuando son atacadas jóvenes zoeas (en algunos casos cercana el 100%), siendo ya inferior al 50% cuando se trata de los últimos estadios de zoea.

4. Según apreciaciones de Anderson (com. pers.) Beck analiza la dupla *Pr. floridensis - Pa. paludosus* (Beck consideró a *Pr. pandalicola* sinónimo de *Pr. floridensis*).

TABLA 3

Aspectos considerados	*Pr. pandalicola*	*Pr. floridensis*	*Pr. ringueleti*	*Pr. bithynis*
Fidelidad en la conformación del consorcio	Específica	Específica	+-Específica	Genérica
Segmento de la población de hospedadores atacada por criptonisquias	zoeas y jóvenes postlarvas	postlarvas (predominio futuras hembras?) pero también los restantes estratos poblacionales.	Juveniles y subadultos (también adultos: ver texto)	?
Predilección de criptonisquias por determinadas áreas corporales (tagma) del hospedador.	céfalo-pereion	céfalo-tórax, pleon, telson. Existe cierta preferencia por últimos segmentos del pleon y el telson.	similar	?
Características de la fase endoparásita de las criptonisquias:				
– ¿Se requiere la misma?	Sí, necesariamente	No (fase errática o aleatoria?)	similar	?
– ¿Provoca mortalidad?	Mayor en jóvenes zoeas, menor en zoeas próximas a la metamorfosis	Aparentemente no	Improbable	?
– ¿Existe reinfección por vía endoparásita?	No	?	Sí	?

Tabla 3: Especies afines de *Probopyrus.* Aspectos eto-ecofisiológico distintivos (Fuente: Beck y Cowell, 1976; Beck,1979, 1980 abc, Dale y Anderson, 1982; Anderson y Dale, 1989; Anderson, 1990 y datos originales).

Anderson (1990) observa mortalidad significativa respecto de los controles únicamente durante las 2 primeras semanas de vida endoparásita de las criptonisquias. En el caso de las postlarvas de mayor talla Anderson (1990) no consigue su infección por los tejidos; 2) La del análisis de distribución de la prevalencia en función de la talla (longitud del céfalo-pereión en mm) y el sexo de los camarones surge que la infección se detecta y se incrementa en *Pa. argentinus* de ambos sexos de 6-7 mm, estabilizándose la prevalencia para machos y hembras respectivamente en 7-9 mm y 7-10611 mm (la diferenciación sexual secundaria es evidente a partir de 6 mm; Schuldt y Damborenea, 1989) 5; 3) La distribución de la intensidad de la infección en los diferentes estratos de la población de *Pa. argentinus* (Schuldt y Damborenea, 1989[5], constatan la existencia de camarones albergando hasta 20 larvas endoparásitas) corrobora el carácter banal de la infección (establecido a partir de consideraciones microanatómicas) (Schuldt y Damborenea, 1988). Consecuentemente, pareciera existir en cada uno de los sistemas en cuestión un traslado de la colonización efectiva a hospedadores pertenecientes a estratos etarios cada vez más avanzados. Esta secuencia en términos de especies de parásitos (*Pr. pandalicola, Pr. floridensis, Pr. ringueleti*) es en cierto modo paralela al gradiente de mayor a menor especificidad parásito-hospedador.

5. El análisis de juvenilees de *Pa. argentinus* de 4-6 mm permite constatar la casi total ausencia de infección. La modalidad de muestreo adoptada (Schuldt y Damborenea, 1989) no asegura una adecuada representación de camarones juveniles de tallas inferiores a 4 mm.

Otro aspecto que merece atención se relaciona con las regiones corporales que tienden a colonizar las criptonisquias. *Pr. pandalicola* se introduce en el cefalo-pereión de *Pa. pugio*, ingresando sólo ocasionalmente al pleon (Anderson, 1990). No pudo establecerse por dónde penetran las criptonisquias al cefalotórax, si bien Anderson (1990) estima que el sitio por el cual ingresan se halla próximo a la base de los pereiópodos. Para *Pr. ringueleti* Szidat (1977) considera que las larvas ingresan por la base de los pleópodos. Schuldt y Damborenea (1988, 1989), a pesar del apreciable volumen de las muestras procesadas, no pudieron determinar el lugar de penetración de las criptonisquias, ni hallar cicatrices en la cutícula de los camarones, si bien no puede afirmarse que estas cicatrices no existan, pudiendo su ausencia eventualmente apoyar la hipótesis de Anderson (1990) quien considera posible que la iniciación de la fase intratisular se asocia a la ecdisis, lo cual es más posible para *Pr. pandalicola* que *Pr. ringueleti*, ya que este último presenta también altas intensidades de infección en *Pa. argentinus* pertenecientes al estrato reproductor (Schuldt y Damborenea, 1989), y por consiguiente con una tasa de ecdisis muy inferior a la de las zoeas que invade *Pr. pandalicola*.

En lo que atañe a la distribución de la intensidad de la infección, *Pr. floridensis* y *Pr. ringueleti* no evidencian la predilección por el cefalotórax que constata Anderson (1990) para Pr. pandalicola. Las larvas de *Pr. floridensis* y *Pr. ringueleti* se distribuyen más o menos aleatoriamente en el cefalopereión y el pleón de *Pa. paludosus* y *Pa. argentinus*. En ambos camarones existen sesgos en la distribución de la intensidad, tendiendo a concentrarse las criptonisquias en las porciones terminales del pleón y del telson (áreas aledañas a zonas de mayor turbulencia). Estas observaciones sumadas a la escasa actividad que despliegan las criptonisquias intratisulares apoyan el carácter ocasional, no compulsivo de esta "etapa" del ciclo vital de las larvas en cuestión (Beck, 1980c; Schuldt y Damborenea, 1988)[6]. Beck (1980c) observa además con frecuencia la involución de larvas en los tejidos de *Pa. paludosus* (no constatada en Pa. argentinus).

El que las evidencias e indicios que se poseen actualmente acerca del comportamiento de las criptonisquias de *Pr. floridensis* y *Pr. ringueleti* no apuntalen la obligatoriedad de la fase endoparásita conlleva una divergencia respecto del comportamiento de las criptonisquias de *Pr. pandalicola* de difícil explicación, pudiendo relacionarse con aspectos tan diversos como la simple integración específica de las duplas, las consecuentes diferencias relativas a historias vitales, o bien, vincularse con cuestiones de índole evolutiva. Dale y Anderson (1982), sobre la base de la morfología comparada de las larvas de *Pr. pandalicola*, *Pr. floridensis* y *Pr. bithynis* estiman como más evolucionado a *Pr. bithynis*, resultando en este sentido el contraste entre *Pr. pandalicola* y *Pr. floridensis* menos notorio (Dale y Anderson, 1982), consecuentemente, es improbable que el endoparasitismo de tipo aleatorio que exhibe *Pr. floridensis* derive de una reminiscencia ancestral signada por lo compulsivo, por ello es factible que lo no obligado se relacione más con la infección tardía de los hospedadores, aspecto en el que convergen *Pr. floridensis* y *Pr. ringueleti* (Beck y Cowell, 1976; Beck, 1980a; Schuldt y Damborenea, 1989).

Las observaciones acerca de la dispar intensidad que adquiere la infección con criptonisquias intratisulares en cada una de las duplas, y la consiguiente posibilidad o imposibilidad de concretar la reinfección por vía endoparásita, plantea alternativas difíciles de integrar desde el punto de vista inmunológico. El principal escollo reside en que las observaciones de Anderson (1990) colisionan con un aspecto de la inmunología de crustáceos: los límites del reconocimiento "no propio" (Lackie, 1986). Anderson (1990) no logra reinfecciones intratisulares en *Pa. pugio* una vez cumplida una migración tisular (cuando el camarón ya alberga una futura hembra o hembra de *Pr. pandalicola* en la cámara branquial), lo cual implica un condicionamiento humoral y/o tisular del hospedador. Las larvas de *Pr. ringueleti* y *Pr. pandalicola* se alojan en la hemolinfa

6. El análisis microanatómico de las larvas y su entorno revela que todos sus sistemas de órganos y aparatos se hallan en condiciones fisiológicas.

de los camarones (Schuldt y Damborenea, 1988; Anderson, 1990)[7]. En *Pa. argentinus* no suscitan atracción hemocitaria alguna entonces, lo cual indica que a nivel tisular las criptonisquias no son reconocidas como elementos extraños al camarón (Schuldt y Damborenea, 1988). Contrariamente las larvas intratisulares pertenecientes a grupos zoológicos más distantes (metacercarias de trematodes digeneos y larvas de nematodes) son aisladas en cápsulas de origen hemocitario (Schuldt et al., 1981, 1988; Schuldt y Damborenea, 1988; Martorelli y Schuldt, 1990). La ausencia de reconocimiento no propio que exhibe Pa. argentinus frente a las larvas de *Pr. ringueleti* armoniza con las experiencias de Lackie (1986) (véase asimismo Gupta, 1986; y Amirante, 1986), siendo además congruentes con las reiteradas reinfecciones por criptonisquias que se observan en *Pa. argentinus* (Schuldt y Damborenea, 1988, 1989). Sin embargo las experiencias de Anderson (1990) son incuestionables, tornando aún más difícil una explicación satisfactoria acerca de cuál es y cómo opera la exclusión endoparásita que existe para la 2da. larva de *Pr. pandalicola* en *Pa. pugio.*

CONCLUSIONES

1) *Pr. ringueleti* parasita preferentemente a *Pa. argentinus*, pero también se lo halla en *Macrobrachium borellii.* Respecto de la especificidad en la conformación de la asociación parásito-hospedador, la relación de *Pr. ringueleti* en el marco de especies afines de parásitos, se inscribe en el siguiente gradiente (de mayor a menor especificidad): *Pr. pandalicola, Pr. floridensis, Pr. ringueleti* y *Pr. bithynis.* La secuencia se correlaciona con similitudes que existen en la morfología externa de los parásitos adultos.
2) Las criptonisquias de *Pr. ringueleti,* a diferencia de *Pr. pandalicela,* no parecen requerir compulsivamente una etapa endoparásita en los camarones que infectan, asignándosele al parasitismo intratisular de Pr. ringueleti un caráter aleatorio, asemejándose en este aspecto a *Pr. floridensis.*
3) Las larvas de *Pr. ringueleti,* al igual que las de *Pr. floridensis,* colonizan tanto el cefalopereion como el pleon y telson de los camarones, manifestando cierta preferencia por los segmentos distales del abdomen y el telson. Las larvas de Pr. pandalicola, en cambio, colonizan principalmente el cefalotórax.
4) Se estima que las larvas intratisulares de *Pr. ringueleti* no producen mortalidad en los camarones infectados, contrariamente a lo constatado para los animales que invade *Pr. pandalicola.* Es posible que este aspecto se relacione con el momento de la infección de los hospedadores (mayor mortalidad a menor edad): las criptonisquias de *Pr. ringueleti* invaden *Pa. argentinus* juveniles, subadultos y adultos, mientras que la fase endoparásita de las larvas de *Pr. pandalicola* se circunscribe a zoeas y jóvenes postlarvas de *Pa. pugio.*
5) La reinfección intratisular de camarones por larvas de *Pr. ringueleti* constituye otro aspecto distintivo respecto de *Pr. pandalicola,* ya que las larvas de este último no reinfectan por vía endoparásita.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. María C. Damborenea (Cátedra de Zoología Invertebrados I, Fac. Cs. Naturales y Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina) por la colaboración en los muestreos. A la Dra. Carola A. Sutton (Cátedra de Parasitología, Fac. Cs. Nat. y Mus. La Plata, UNLP, La Plata, Argentina) por la discusión de algunos aspectos terminológicos. Al Dr. Gary Anderson (Depto. de Biología, University of Southern Mississippi, Hattiesburg, USA) por su disposición al intercambio de información édita e inédita.

BIBLIOGRAFIA

AMIRANTE, G.A., 1986. Cellular inmune responses in crustaceans. En: Hemocytic and Humoral Immunity in Arthropods (A.P. Gupta, ed.), Wiley, New York: 61-76.

ANDERSON, G., 1990. Postinfection mortality of Palaemonetes ssp. (Decapoda: Palaemonidae) following experimental exposure to the bopyrid isopod Probopyrus pandalicola (Packard) (Isopoda: Epicariridea). J. Crust. Biol., 10 (2):284-292.

ANDERSON, G. y W.E. DALE, 1989. Probopyrus pandalicola (Packard) (Isopoda: Epicaridea): swimming responses of cryptoniscus larvae in water conditioned by hosts Palaemonetes pugio (Holthuis) (Decapoda: Palaemonidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 130:9-18.

BECK, J. T., 1979. Population interactions between a parasitic castrator, Probopyrus pandalicola (Isopoda: Bopyridae), and one of its freshwater shrimp hosts, Palalaemonetes paludosus (Decapoda: Caridea). Parasitology, 79:431-449.

——, 1990a. Life history realtionships between the bopyrid isopod Probopyrus pandalicola and one of its freshwater shrimp hosts Palaemonetes paludosus. Am. Midl. Nat., 104 (1): 135-154.

——, 1980b. The effects of an isopod castrator, Probopyrus pandalicola on the sex characters of one of its caridean shrimp hosts, Palaemonetes paludosus. Biol. Bull. (USA), 158:1-15.

——, 1980c. Larval and adult habitats of a branchial bopyrid Probopyrus pandalicola on one of its freswater shrimp hosts, Palaemonetes paludosus. Crustaceana, 38 (3):265-270.

BECK, J. T. y B. C. COWELL, 1976. Life history and ecology of the freshwater caridean shrimp, Palaemonetes paludosus (Gibbes). Am. Midl. Nat., 96 (1):52-65.

BJORNBERG, T. S. K., 1981. Copepoda. En: Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental (D. Boltovskoy, ed.) Publicación especial INIDEP, Mar del Plata: 587-679.

BOSCHI, E. E., 1960. Sobre el primer estadio larval de dos especies de camarones de agua dulce (Crustácea, Palaemonidae). Actas Trab. 1er. Congr. Sudam. Zool. (La Plata, 1959), 2 (3):69-77.

——, 1981. Decapoda Natantia. En: Fauna de agua dulce de la Rep. Argentina 26 (R.A. Ringuelet, Dtor.) Fecic, Buenos Aires. 1-61.

BOURDON, R., 1961. Sur léxistence d'une phase de parasitisme interne chez l'isopode Ancyroniscus bonnieri Caullery et Mesnil, de la famille des Cabiropsidae. Comp. Rend. Hebd. Sci. Acad. Sci. Paris, 252:1999-2000.

BROOKS, D.R., 1979. Testing the context and extent of host-parasite coevolution. Syst. Zool., 28:299-307.

——, 1986. Analysis of host-parasite coevolution. En: The Sixth International Congress of Parasitology (M. J. Howell, ed.), Univ. Press, Brisbane:291-297.

COELHO, P.A., M. R. PORTO Y C. M. A. SOARES, 1982. Biología e cultivo de camarones de água doce. UFP, serie Aquicultura Nº 1, Recife, 90 págs.

DALE, W. E. Y G. ANDERSON, 1982. Comparison of morphologies of Probopyrus bithynis, P. floridensis and P. pandalicola larvae reared in culture (Isopoda, Epicaridea). J. Crust. Biol., 2 (3):392-409.

EIBL-EIBESFELDT, I., 1974. Grundi B der vergleichenden Verhaltensforschung. Piper, München, 629 págs.

FELDMANN, R. M., 1981. Paleobiogeography of north american lobsters and shrimps (Crustacea, Decapoda). Géobios, 14 (4):449-468.

GAMBA, A. L., 1982. Macrobrachium: its presence in estuaries of the northern venezuelan coast (Decapoda, Palaemonidae). Carib. J. Sci., 18 (1-4):23-26.

——, 1984. Different egg-associated and larval development characteristics of Macrobrachium jelskii and Macrobrachium amazonicum (Arthropoda: Crustacea) in a Venezuelan continental lagoon. Intern. J. Invertebrat. Reprod. Develop., 7:135-142.

GENOFRE, G. C., 1982. Ocorrencia de Probopyrus bithynis Richardson (Crustacea, Isopoda, Epicaridea) em Palaemonetes argentinus (Crustacea, Decapoda) da lagoa das Custodias, Tramandai, RS. Res. IX Congr. Bras. Zool. (P. Alegre, RS): 11-12.
GUPTA, A. P., 1986. Arthropod immunocytes: identification, structure, functions and analogies to the functions of vertebrate B- and T- lymphocytes. En: Hemocytic and Humoral Immunity in Arthropods (A. P. Gupta, ed.), Wiley, New York:3-60.
LACKIE, A. M., 1986. Transplantation: the limits of recognition. En: Hemocytic and Humoral Immunity in Arthropods (A. P. Gupta, ed.) Wiley, New York:191-226.
LEMOS DE CASTRO, A. y I. M. BRASIL-LIMA, 1974. Crustaceos isopodos epicarideos do Brasil. IX. Género Probopyrus Giard y Bonnier. Rev. Bras. Biol., 34 (2):209-218.
MARKHAM, J. C., 1974. A systematic study of parasitic bopyrid isopods in the West Indian faunal region. Ph. D. dissertation, Univ. Miami, Florida:1-356.
——, 1985a. A review of the bopyrid isopods infesting caridean shrimps in the northwestern Atlantic Ocean, with special reference to those collected by the Hourglass Cruises in the Gulf of Mexico. Mem. Hourglass Cruisses, 7(3):1-156.
——, 1985b. Redescription and systematic remarks on Probopyrus buitendijki (Horst, 1910) (Isopoda, Bopyridae), parasitic on Macrobrachium rosenbergii (de Man) in Southeast Asia. J. Crust. Biol., 5(4):673-682.
——, 1986. Evolution and zoogeography of the Isopoda Bopyridae, parasites of Crustacea Decapoda. En: Crustacean biogreography, Crustacean Issues 4 (R. H. Gore y K. L. Heck, eds.) Balkema, Rotterdam: 143-164.
MARTORELLI, S. R. Y M. SCHULDT, 1990. Procesos de encapsulación de dos metacercarias (Digenea, Microphallidae) en Cyrtogrpsus angulatus y Palaemonetes argentinus (Crustacea, Decapoda). Su identificación en secciones histológicas. Perfiles de una estrategia tisular. Rev. Biol. Trop., 38(2):
MENU-MARQUE, S.A., 1973. Desarrollo larval de Palaemonetes argentinus Nobili, 1901 en el laboratorio (Crustacea, Caridea, Palaemonidae). Physis (B) Bs. As., 32 (85):149-169.
MOREIRA, G. S., J. C. Mc NAMARA y P. S. MOREIRA, 1982. Aspectos da biología de larvas de Macrobrachium (Decapoda: Palaemonidae). Res. IX Congr. Bras. Zool. (Pto. Alegre, RS):79.
SCHULDT, M. Y M. C. DAMBORENEA, 1988. Infestation of Palaemonetes argentinus (Crustacea: Palaemonidae) with Probopyrus cf. oviformis (Crustacea: Bopyridae). Observations on the habitat of cryptoniscus larvae. J. Invertbr. Pathol., 52:365-372.
——, y ——, 1989. Infección de Palaemonetes argentinus (Crustacea, Palaemonidae) con Probopyrus cf. oviformis (Crustacea, Bopyridae) en el Canal Villa Elisa (Selva Maginal de Punta Lara. Provincia Buenos Aires, Argentina). I. Estructura poblacional del consorcio, interacción y fluctuación. Biota (Osorno), 5 (1-2):21-53.
SCHULDT, M. y A. RODRIGUES-CAPITULO, 1987. La infestación de Palaemonetes argentinus (Crustacea Palaemonidae) con Probopyrus cf. oviformis (Crustacea Bopyridae). I. Observaciones sobre la histopatología y fisiología branquial de los camarones. Rev. Mus. La Plata n. ser., 14(54):65-82.
SCHULDT, M., L. R. FREYRE y M. C. DAMBORENEA, 1988. Infestación de Palaemonetes argentinus (Crustacea, Palaemonidae) con Probopyrus cf. oviformis (Crustacea, Bopyridae). II. Crecimiento de los consortes. An. Soc. Cient. Arg., 218 (51):
SCHULDT, M., A., RODRIGUES-CAPITULO y E. C. MUÑOA, 1981. Reacciones tisulares inherentes a la encapsulación de larvas de un trematode digeneo en Palaemonetes argentinus Nobili, 1901 (Crustacea, Palaemonidae). CIC. Bs. As. Ser. Monografías 11:1-41.
SZIDAT, L., 1977. Descripción del ciclo vital de Probopyrus oviformis Nierstrasz y Brender a Brandis, Parásito de la cámara branquial de Palaemonetes argentinus. Rev. Mus. Arg. Cs. Nat. "B. Rivadavia" (Parasitología), 2 (1):1-15.

TSUKAMOTO, R. Y. y S. R. SOUZA, 1983. Parasitismo de Probopyrus bithynis Richardson, 1904 (Isopoda: Bopyridae) sobre duas espécies de camarão: correlacões entre hospedeiro e parasita. Res. X. Congres. Bras. Zool., B. Horizonte: 84-85.

VERDI, A. C., 1989. Presencia de Probopyrus bithynis Richardson, 1904 en el Uruguay (Isopoda, Epicaridea, Bopyridae). Bol. Soc. Zool. Uruguay (2º época), 5:35.

VERDI, A. C. y M. SCHULDT, 1988. Descripción y biología de Probopyrus ringueleti n. sp. (Crustacea, Epicaridea, Bopyridae). Efectos sobre el hospedador Palaemonetes argentinus Nobili (Crustacea, Caridea, Palaemonidae). An. Soc. Cient. Arg., 218 (51):

VEILLET, A., 1945. Recherches sur le parasitisme des Crabes et des Galathées par les Rizocéphales et les Epicarides. Ann. Inst. Oceanogr., 22:193-341.

WILDISH, D. J., 1980. Reproductiva bionomics of two sublittoral amphipods in a Bay of Fundy estuary. Int. J. Invertebr. Reprod. Develop.2:311-320.

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (19-25)

LA INFLUENCIA DE LA SOBREABUNDANCIA INFORMATIVA SOBRE EL REFERATO CIENTIFICO

Eduardo A. Castro

Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) División Química Teórica, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. Sucursal 4, Casilla de Correo 16, (1900) La Plata, Argentina

RESUMEN

Se analiza la influencia de la actual sobreabundancia informativa sobre la actividad referil científica. En especial se discuten algunas de las variadas críticas sobre la revisión científica y se analizan diversos estudios sistemáticos sobre el juzgamiento de las publicaciones.

Finalmente se proponen algunas líneas de posibles trabajos y modos de análisis para contribuir a clarificar este tema.

I. INTRODUCCION

Hace más de 25 años se predijo que la automatización creciente produciría la sobrecarga informativa[1]. Más recientemente, Garfield sugirió que muchos especialistas vinculados a la ciencia de la información causan una sobreabundancia informativa iatrogénica[2]. Evidentemente, la sobrecarga informativa no es un fenómeno nuevo. Sucede que en la actualidad ello es mucho más evidente y está más diseminado que en el pasado. Así, se tiene la sensación de estar inmersos y jaqueados por un mar informativo. Diversos aspectos de este tema fueron analizados y discutidos por Michael[3] y Castro[4]. En especial resulta significativo señalar que entre las variadas características apuntadas es realmente importante la emergencia de diversas peculiaridades paradojales y en muchos sentidos contrapuestas. Por ello no se puede dar una propuesta de solución simple y biunívoca, salvo la de prestar atención al problema, estudiarlo, investigar y eventualmente proponer vías de acción apropiadas.

El quehacer científico contribuye manifiestamente al desenvolvimiento humano con nuevos descubrimientos, propuestas alternativas e interpretaciones teóricas, todos los cuales finalmente deben encontrarse disponibles de un modo válido. Y así entre en escena la publicación científica primaria [5] y el consecuente aporte al caudal informativo. Un aspecto central de este tema lo constituye el referato científico que juzga los méritos de un trabajo de investigación a fin de determinar la conveniencia o no de su publicación, debiéndose señalar la existencia de diversas opiniones al respecto, las cuales fueron recientemente analizadas por Castro[6].

No sólo existen varias formas de considerar este asunto sino también hay fuertes controversias, las cuales suelen ser presentadas de un modo bastante radicalizado y enérgico, fundamentándose ello en pretendias razones surgidas del ejercicio del referato muchas veces deficiente, arbitrario y aún deshonesto.

El propósito de este trabajo es discutir estas críticas, señalando la sobreabundacia informativa que de ellas se valen y sus consecuencias inmediats en el quehacer de la tarea atinente a la investigación científica.

Este trabajo está organizado como sigue. En la siguiente sección se discuten algunas de las muchas críticas dirigidas hacia el actual sistema referil. Luego, se analizan algunos estudios sistemáticos sobre el juzgamiento de las publicaciones, señalando sus características, méritos y deficiencias.

En una sección posterior se condensan de un modo comparativo tales críticas y estudios, considerando en especial sus relaciones con la sobreabundancia informativa y sus consecuencias inmediatas. Por último, a modo de discusión final se ofrecen las conclusiones derivadas de las secciones previas así como se proponen algunas vías de trabajo y análisis a los efectos de contribuir en alguna medida a clarificar este tema.

II. CRITICAS AL ACTUAL SISTEMA DE REFERATO CIENTIFICO

La gran mayoría de las veces que se publica algún artículo referido al actual sistema de referato científico ello conlleva un juicio negatico con variadas cargas de agresividad y animosidad hacia quienes están involucrados en este quehacer (editores y revisores). Esencialmente se destaca la arbitrariedad fundada en el anonimato de los revisores y en base a las experiencias de los autores que siempre conforman situaciones singulares [7-14].

Así, algunos autores consideran que el proceso de revisión es una suerte de proceso con resultados impredecibles y esencialmente caprichoso, algo así como un disparo en la obscuridad[15]. Otros piensan que el referato favorece intentos apresurados de investigación científica al margen de la verdad antes que reales aportes de significación[16]. Ciertos autores se sienten francamente perjudicados por el tratamiento recibido en consideración de sus trabajos[10] mientras que otros piensan que este sistema conforma un verdadero anacronismo que requiere cambios inmediatos a fin de disolver algunos artículos privilegiados[7]. El hecho de que los trabajos realizados usualmente son vueltos a enviar para su publicación en otras revistas alternativas y así se reinicia el proceso referil motiva a algunos autores a no aceptar el sistema presente, agregando a ésto razones de falta de precisión y carencia de conocimientos en la emisión de juicios decisorios[9]. Thuillier, al analizar el funcionamiento del juzgamiento de un trabajo de investigación por los pares del autor, señala el carácter ambivalente y en algún sentido ambiguo del quehacer científico[12]. En efecto, por un lado esta tarea es de naturaleza igualitaria y democrática, ya que todo investigador puede participar libremente de la misma y enviar sus trabajos a cualquier publicación periódica para su consecuente consideración. Pero, por otra parte, la ciencia parece conformarse con aspectos aristocráticos, visto la existencia de "autoridades" en cada campo que alcanzan tal reconocimiento visto sus competencias y saberes particularmente remarcables que les otorgan un grado de poder dentro del sistema científico no menos significativo. Esta dualidad genera tensiones tanto en los especialistas como en los investigadores más noveles y así es entendible que tales presiones se transmitan al sistema de publicaciones. Otros autores también han señalado tal dualidad[14] y a partir de ello emiten juicios harto condenatorios y comentarios lapidarios acerca de los referees, pero siempre en base a algunas pocas experiencias personales y un reducido número de hechos que involucraban a otros autores.

En ocasiones, las críticas negativas están dirigidas a los editores[13], señalando que éstos suelen corregir y/o modificar la extensión de un artículo con un desconocimiento tal del tema y un marcado arbitrio que daña manifiestamente al trabajo en cuestión.

De no menor cuantía suelen ser las críticas asociadas a las injustificadas demoras en la publicación de los trabajos aceptados para su impresión y los comportamientos deshonrosos y antiéticos tanto de revisores como de editores [17-18].

Otra clase de crítica al actual sistema referil se vincula con la existencia de señalados prejuicios

respecto de la procedencia de los autores así como en relación a aportes verdaderamente innovadores[19] y/o aquéllos que no concuerdan con las propias ideas y patrones aceptados por los mismos revisores.

Este listado de objeciones, quejas y enojosas críticas podría seguir detallándose, siempre en base a evidencias particularizadas y anecdotarios frondosos. Sin embargo, nada de estos comentarios tiene que ver con estudios serios, sistemáticos y de naturaleza realmente científica.

III. ESTUDIOS SISTEMATICOS SOBRE EL JUZGAMIENTO DE LAS PUBLICACIONES

A los fines de indagar si los autores noveles reciben una justa consideración de parte de los editores y agentes literarios. Ross[20] envió el texto de la novela Steps[21] del autor polaco Jerzy Kosinski a diversas editoriales y agencias literarias, modificando el nobre el autor y eliminando el título de la obra. Si bien este libro había sido galardonado en 1969 por el US National Book Award, Ross informó que 13 agentes literarios y 14 editoriales incluyendo la que publicó la novela, lo rechazaron por carecer de méritos para justificar su publicación.

Esta experiencia sirvió de base y fuente de inspiración a Peters y Ceci[22] para llevar a cabo un estudio, ahora reconocido y muy controvertible, acerca del funcionamiento del sistema de revisión por los pares de las publicaciones científicas. Estos autores escogieron 12 trabajos de investigación pertenecientes al área de la psicología, los que eran de alta calidad según las mediciones bibliométricas usuales (citas de otros autores) y que provenían de instituciones reputadas científicamente. Las publicaciones primarias correspondientes a estos trabajos fueron levemente alteradas se cambiaron los nombres de los autores e instituciones, optándose por denominaciones ficticias; se modificaron algunas oraciones en la introducción; algunos gráficos se transformaron en tablas; etc. Sin embargo, la parte substancial de lo informado permaneción inalterada y así nada se modificó respecto de la metodología seguida, resultados, consecuencias, discusiones, bibliografía, etc. Estos 12 trabajos fueron enviados a las mismas revistas que los habían publicado en su forma original. Sólo 3 fueron detectados como trabajos publicados y reenviados y del resto 8 fueron rechazados para su eventual publicación. Estos resultados permitieron deducir a Peters y Ceci que los rechazos estaban fundamentados en un prejuicio sistemático contra autores e instituciones desconocidas. En una primera instancia este estudio parece asestar un muy duro golpe a aquellos que confían en el sistema de revisión usual y el juzgamiento del quehacer científico por los mismos pares, de quienes se presupone poseen un buen grado de competencia, imparcialidad y juicio crítico para decidir acerca de los méritos y falencias de los trabajos de investigación. Sin embargo debe tenerse en cuenta que este estudio fue seriamente objetado por otros autores desde diversos puntos de vista [23-29], señalándose básicamente la carencia de suficientes controles de variables para poder extraer conclusiones válidas.

Algunos otros estudios sistemáticos se realizaron para investigar el grado de credibilidad del presente sistema de referato y los resultados son algo contradictorios. Goodstein y Brazis [30] enviaron resúmenes de un estudio empírico sobre Astrología a 282 miembros de la Asociación Psicológica Americana, requiriéndose un juicio acerca de la estructura y contenido de tal trabajo. La mitad de estos resúmenes obtenían conclusiones confirmatorias de las actitudes científicas comunmente aceptadas por los especialistas hacia la Astrología. La otra mitad de los resúmenes eran idénticos a los primeros, salvo que sus conclusiones eran opuestas, contraponiéndose a lo usualmente considerado respecto de la Astrología. En el primer caso, la mayoría de los revisores concordaron que el trabajo tenía una adecuada estructuración y su contenido de significación aceptable para motivar futuras investigaciones en este tema. Por el contrario, el segundo fue

seriamente enjuiciado, señalándose en gran proporción la existencia de profundas deficiencias conceptuales y pobre estructuración.

Al examinar la selección de trabajos enviados para ser considerada su publicación al Physical Review, Zuckerman y Merton [31] hallaron que los escritos por físicos de gran reputación científica y provenientes de instituciones prestigiosas en muchos casos eran exceptuados totalmente de la supuesta revisión usual a la que deben ser sometidos todos los envíos antes de decidir sobre su publicación. Y así estos trabajos eran aceptados y publicados mucho más rápidamente que lo perteneciente a autores menos reconocidos.

Gordon [32] realizó un estudio muy extenso de los trabajos de investigación enviados a diversas revistas de Física y encontró la existencia de un fuerte favoritismo en los referees pertenecientes a las principales universidades hacia los autores provenientes también de grandes y reconocidas instituciones de investigación. Estos resultados se encuentran de acuerdo y complementan los informados por Zuckerman y Merton[31].

Sin embargo, Lock[33] no encontró evidencia de favoritismo ni prejuicio alguno en un estudio reciente de 1558 manuscritos enviados al British Medical Journal entre enero y agosto de 1979.

Ninguno de estos trabajos vinculados al quehacer referil se puede considerar completo y exhaustivo y por ende sus conclusiones poseen validez limitada. A falta de controles suficientes ya apuntadas respecto del estudio de Peters y Ceci, se deben señalar diferencias temáticas, lo cual hace inconveniente aún la comparación de sus principales conclusiones. De ninguna manera se pretende con esto descalificar ni minimizar estos intentos serios de indagación sobre la eficiencia del juzgamiento por los pares de los trabajos de investigación, pero sí señalar sus alcances y limitaciones. Tampoco pueden dejarse de lado ni menospreciarse los resultados logrados, pero antes que indicadores inobjetables sobre el tema en cuestión, ellos representan parámetros sugerentes y señales significativas que necesitan ser transformados en resultados cuanti y cualitativamente irrefutables.

Lo antedicho sugiere la necesidad de implementar estudios más completos y con total control de variables si se pretende arribar a alguna conclusión sólida y consistente. Según el conocimiento del autor de este trabajo, tales estudios todavía no se han realizado.

IV. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS ESTUDIOS Y CRITICAS AL SISTEMA ACTUAL DE REVISION CIENTIFICA

Resulta innecesrio destacar la relevancia y necesidad del referato científico como válido y adecuado de controlar, regular y optimizar el flujo informatico pertinente [6-34-37].

Como tarea específicamente humana que afecta los intereses de los colegas, la labor de revisión científica presenta deficiencias de distintos tipos, las cuales han sido señaladas repetidas veces. Algunas de estas falencias tienen que ver con aspectos puramente administrativos (demoras injustificadas en tomar decisiones y en concretar la publicación, por ejemplo) mientras que otras están vinculadas a cuestiones más serias, tales como factores éticos y prejuicios de parte de revisores y editores.

La pertinente consulta bibliográfica acerca de estos temas muestra la existencia de numerosos aportes escritos cargados de emocionalismo, subjetivismo y exacerbados comentarios los cuales son vehiculizados por medio de editoriales, comentarios, cartas al editor, etc. Pero la abundancia de esta clase de aportes va acompañada con una remarcable escasez y aún ausencia de evidencia experimental adecuada para fundamentar las opiniones y pretendidas conclusiones. Resulta francamente sorprendente que en el terreno del quehacer científico, el cual depende en mucho del empleo de la lógica desapasionada y los resultados experimentales sistemáticos para dar crédito a los resultados, se encuentre ausente del pensamiento riguroso y la evidencia incontrastable de parte de aquellos que pretenden erigirse en críticos severos del actual sistema referil. El hecho de

que sean comprensibles ciertas reacciones paraticularizadas contra las ya apuntadas y *existentes* deficiencias del quehacer asociado a la revisión científica en modo alguno justifica tomar como definitorios y definitivos a esos juicios terminantes y negativos. Por otra parte, los pocos estudios controlados y sistemáticos sobre el tema adolecen de fallas ya señaladas y si bien sus conclusiones no se pueden descartar totalmente, tampoco se pueden considerar como completos y consistentes.

Si se hace un balance de todo lo publicado acerca del referato científico, se obtendrá un resultado marcadamente negativo respecto del sistema actual. Este resultado se ve incentivado y soportado por los numerosos comentarios que periódicamente se publican en diversas revistas y medios de comunicación alternativos. Y aquí se debe pasar a considerar el efecto propio de la sobreabundacia informativa [1-4]. En efecto, tal avalancha de opiniones negativas parece señalar indubitablemente la necesidad de acabar o modificar radicalmente el sistema de referato científico. Pero esto constituye a las claras un fenómeno de sobrecarga de información iatrogénica[2,38] con resultados negativos puesto que induce una línea de pensamiento no totalmente correcta. Si en verdad la cuestión del presente sistema referil estuviera en crisis y hubiera acalorados debates con contendientes en igual proporción en ambos bandos, se deberían registrar también opiniones favorables al mismo. La cuasi-paradojal inexistencia de comentarios favorables, induce a pensar que la gran mayoría de los científicos está de acuerdo con y acepta el presente sistema de juzgamiento por los pares, considerándose que no hace falta "defender" el referato tal como se lo entiende y practica al día de hoy. Por otra parte, la existencia de tantas buenas revistas con referato científico constituye una evidencia plena de que ellas son el medio preferido de publicación, con la consecuente aceptación de sus modus operandi característicos.

CONCLUSIONES

La existencia de numerosas críticas negativas al actual sistema de revisión en modo alguno refleja adecuadamente el modo de pensar y considerar el tema de parte de la mayoría de los científicos. Junto a esta sobrecarga de comentarios adversos se debe considerar la cuasi ausencia de opiniones favorables, lo cual induce a suponer la aceptación del presente modo de realizar el referato científico visto la innecesariedad de defensa del mismo.

Tales críticas usualmente se vehiculizan por medio de editoriales, comentarios, cartas al editor, anécdotas, referencias fragmentarias respecto de experiencias ajenas, etc. Pero todo esto no permite derivar conclusiones científicamente válidas las que requieren de un trabajo de investigación controlado, sistemático y consistente, cosa prácticamente inexistente en este tema.

Resulta particularmente curioso que la sobreabundancia informativa respecto de un aspecto (negativo) de esta cuestión oculte y/o deforme la realidad del proceso referil en sí, induciendo pretendidas soluciones extremas que la comunidad científica en su gran mayoría no está dispuesta a aceptar y convalidar.

Lo anterior en modo alguno debe entenderse como una tácida aceptación del quehacer referil y editorial en su totalidad. Existen falencias como ya fuera señalado y como resultan de vicios de procedimiento antes que de falencias del sistema en si mismo[6]. Esta distinción es de significación puesto que ambas situaciones conllevan posibilidades de mejora totalmente diferentes. Si tenemos en cuenta que los mismos científicos están involucrados en la labor de revisión y edición de los manuscritos que describen sus propios trabajos, el poder mejorar el actual sistema se encuentra dentro de un campo cercano de posibilidades de implementación concreta.

Finalmente se debe poner de relieve los riesgos asociados a ciertos grandes volúmenes de información en un dato sentido, que inducen conclusiones no siempre adecuadas. Esto sucede cuando se parcializa la consideración pertinente y por ende no se toman en cuenta todos los aspectos de la cuestión. El tema que motiva este trabajo es un claro ejemplo de ello.

Todo lo anterior nos lleva a proponer la realización de estudios completos y consistentes sobre

la eficiencia de la tarea referil, controlando cuidadosamente todas las variables y tomando en cuenta como base mínima aquellos trabajos mencionados en la 3ra. Sección de este artículo.

BIBLIOGRAFIA

1. MEIER, R. L.: *Information input overload: Features of growth in communications-oriented institutions*, Libri **13** (1963) 1- 44.
2. GARFIELD, E.: *Iatrogenic information overload*, J. Inform. Sci., **8** (1984) 39.
3. MICHAEL, D. N., *Too much for a good thing? Dilemmas of an information society*, Vital Speeches Day **50** (1983) 38-42.
4. CASTRO, E.A.: *Reflexiones acerca de la sobreabundacia de información*, Anal. Soc. Cient. Arg., 219 (1989) 1-13.
5. ROBERT A. DAY, *"How to write and publish a scientific paper"*, 2nd Ed., ISI Press, Philadelphia, 1983, p 1-3.
6. CASTRO, E.A.: *Evaluación primaria de la producción científica*, Anal. Acad. Nac. Cs. Ex. Fis. Nat., **40** (1988), 1-5.
7. CRANBERG, L.: *Overhanl peer review*, The Scientist, October 5 (1987)10.
8. Editorial, Publications and scientific values, Asia-Pacific Physics News, Vol. 3 June/July 1988, 32.
9. CARL LEOPOL, A.: *The peer-review system: pique and critique*, The Scientist, July 11 (1988) 11-12.
10. DALTON R.: *Should reviewers sign their critiques?*, The Scientist, July 11 (1988) 5.10.
11. GARFIELD, E.: Opting out, of the numbers game, The Scientist, February 23 (1987) 9.
12. THUILLIER, P.: *Publications scientifiques: commet fonctionne le "jugement par les pairs"*, La Recherche, Nº 143, Avril 1983, Vol.14, 520-523.
13. STROM, E. T.: *Referees I Have Known?*, New Journal of Chemistry, Vol. 13 Nº 1 (1989) 1-3.
14. STROM, E. T.: *Referees I Have Known?*, New Journal of Chemistry, Vol. 13, Nº 1 (1989) 1-3.
15. BAILAR, J. C. and PATTERSON, K.: *Journal peer review: the need for a research agenda.* N. Engl. J. Med., 312 (1985) 654-7.
16. LOCK, S.:*Letter to P.B.S. Fowler*, 4 December 1985, Brit. Med. J. , **290** (1985) 1560.
17. FOX, B., *Peer review and the public's right to know: a look at the Ingelfinger Rule*, Med Commun, **12** (1984) 33-7.
18. BROAD, W. J.: Imbroglio at YAle (I): emergence of a fraud, Science 210 (1980) 38-41.
19. JONES, R.: *Rights, wrong and referees*, New Sci., 61 (1974) 758-9.
20. ROSS, C.:*Rejected*, New West, 4 (4) (1979) 39-43.
21. KOSINSKI, J.: *Steps*, New York: Random House, 1968, 147 p.
22. PETERS, D. P. and CECI, S. J.: *Peer-review practices of phychological journal: the fate of published articles, submitted again*, Behav. Brain Sci., **5** (1982) 187-95.
23. TAX, S. and RUBINSTEIN, R. A.: *Responsability in reviewers and editors*, Behav. Brain Sci., **5** (1982) 244-5.
24. YALOW, R. S.: *Competency testing for reviewers and editors*, Behav. Brain. Sci., **5** (1982) 244-5.
25. THOMAS, O. J.: *Perhaps it was right to reject the resubmitted manuscripts*, Behav. Brain. Sci., **5** (1982) 240.
26. BEYER, J. M.: *Explaining and unsurprising demostration: high rejection rates and scarcity of space*, Behav. Brain Sci., **5** (1982) 202-3.

27. WHITEHURST, G.J.: The quandary of manuscript reviewing, Behav. Brain Sci., 5 (1982) 241-2.
28. PERLOFF, R. M. and PERLOFF, R.: *Improving research on and policies for peer-review practices*, Behav. Brain Sci., 5 (1982) 232-3.
29. ROSENTHAL, R.: *Reliability and bias in peer-review practices*, Behav. Brain Sci., 5 (1982) 235-6.
30. GOODSTEIN, L. D. and BRAZIS, K. L.: *Psychology of scientist: XXX Credibility of psychologists: empirical study*, Psychol Rep. 27 (1970) 835-8.
31. ZUCKERMAN, H. and MERTON, R. K.: *Patterns of evaluation in science: institutionalisation, structure and functions of the referee system*, Minerva 9 (9171) 66-100.
32. GORDON, M. D.: *The role of referees in scientific communication*, Hartley, J. ed. *The psychology of written communication*, New York, Nichols, 1980, p. 263-75.
33. LOCK. S.A.: *A difficult balance: editorial peer review in medicine*, London, Nuffiel Provincial Hospital Trust, 1985, 172 p.
34. GARFIELD, E.: *Refereeing and peer review. Part 1. Opinion and confecture on the effectiveness of referreing*, Curr. Cont. Nº 31. August, 4 (1986) 3-12.
35. GARFIELD, E.: *Refereeing and peer review. Part. 2 The research on refereeing and alternatives to the present system*, Curr. Cont. Nº32, August 11 (1986) 3-12.
36. GARFIELD, E.: *Refeering and peer review. Part 3. How the peer review of reserch-grant proposals works and what scientists say about it.* Curr. Cont. Nº5, February 2 (1987) 3-9.
37. GARFIELD, E.: *Refeering and peer review. Part 4. Research on the peer review of grant proposals and suggestions for improvement*, Curr. Cont. Nº5 February 2 (1987) 3-9.
38. GARFIELD, E.: *Education by steeping, nibbling, or classification? Essays of an information scientist.* Philadelphia, ISI Press, 1977. Vol. I, p. 95.

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (27-33)

CIENCIA Y EDUCACION

Horacio C. Reggini

Miembro titular de la
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

La escuela, aferrada a esquemas antiguos, sigue alimentando falsas contradicciones entre la ciencia, por un lado, y la cultura, por otro. La ciencia es, sin duda, parte inseparable de la cultura. Es imprescindible que adecuemos lo antes posible los métodos educativos para evitar que se produzca una ruptura entre la escuela, estancada en una cantidad de fórmulas vacías, y la vida en un mundo que progresa a un ritmo cada vez más acelerado.

"Empezad por el principio" aconsejaba el Rey de Corazones en "Las Aventuras de Alicia en el País de las Maravillas". Del mismo modo, también nosotros debemos permitir que los niños y las niñas se introduzcan en el mundo de la ciencia a través de juguetes bulliciosos, construcciones armadas con bloques multiformes, y pantallas de computadoras con atractivos colores.

Para difundir en forma sabia, sana e intensa la ciencia y la tecnología en nuestro país debemos introducir su práctica en las aulas. Por supuesto, para vislumbrar los primeros resultados se requerirán años de trabajo y de cambios educativos, pero indudablemente una política nacional orientada en ese sentido será a la larga más efectiva y útil que frondosas reglamentaciones para la promoción de la ciencia, complicadas leyes de protección arancelaria o transferencia tecnológica, u otros mecanismos que, frecuentemente, tienen una dudosa implementación real. Es en la tarea educativa en la que debemos realizar ya mismo un esfuerzo de imaginación creadora.

En una entrevista aparecida en el "New York Times" en otoño de 1952, Albert Einstein sostenía: "No es suficiente enseñar a las personas una especialidad. Con ello se convierten en algo así como máquinas utilizables pero no en individuos válidos. Para ser un individuo válido una persona debe sentir intensamente aquello a lo que puede aspirar. Tiene que recibir un sentimiento vivo de lo bello y lo moralmente bueno... Debe aprender a comprender las motivaciones, ilusiones y penas de las gentes para adquirir una actitud recta de los individuos y de la sociedad.

Estas cosas tan preciosas se logran por el contacto personal entre la generación joven y los que enseñan, y no —al menos en lo fundamental— a través de los libros de texto. Esto es lo que representa la cultura ante todo...

Dar importancia excesiva... a la especialización en beneficio de la utilidad, segrega el espíritu de la vida cultural y mata el germen del que depende la ciencia especializada.

Para que exista una educación válida es necesario que se desarrolle el pensamiento crítico e independiente de los jóvenes, un desarrollo puesto en peligro continuo por el exceso de asignaturas... La educación debe ser tal que pueda recibirse como el mejor regalo y no como una amarga obligación".

Los problemas planteados en los comentarios anteriores siguen vigentes, especialmente en

momentos en que la velocidad del cambio y del crecimiento de los conocimientos resulta vertiginosa. Es evidentemente adecuado y necesario replantear una vez más la cuestión educativa poniendo en primer plano sus relaciones con la ciencia y la tecnología.

La necesidad del cambio en la educación

Sin embargo, y a pesar de la enorme importancia que todos le asignamos, la educación continúa, en mayor o menor grado, aferrándose a antiguos modelos heredados. Entre el progreso del mundo y el progreso educativo se ha producido un desequilibrio notorio. Lord Perry of Walton señalaba en ocasión de su Conferencia Bernal dictada el año pasado en la Royal Society de Londres: "La mayoría de los que nos dedicamos a la educación tendemos a pensar que la educación que recibimos —¡qué es la que, después de todo, nos ha preparado para ocupar los importantes puestos que ahora ocupamos!— es un modelo razonablemente bueno para lo que hacemos. Este es un sentimiento comprensible y subyace en muchas de nuestras actitudes de laissez-faire con respecto a la educación".

Pero el rechazo a los cambios, o el desinterés y la lentitud, que vendría a ser casi lo mismo, pueden resultar alarmantes en momentos en que se sabe que gran parte de lo que un joven recibe de la escuela o la universidad habrá sido superado antes de que él egrese.

La educación tradicional, cuatroscientos años después de que fuera esbozada por Erasmo, continúa proponiendo una formación basada en la transmisión al individuo de un panorama general de los conocimientos de su época. Sin embargo, a pesar de que las asignaturas se han hecho cada vez más complejas, y que la ciencia y la tecnología se han involucrado en todas las actividades humanas, los modelos educativos casi no han variado. Hoy en día, la humanidad no puede siquiera imaginar un futuro sin ciencia y tecnología; la posibilidad es lisa y llanamente nula incluso si la consideramos desde el punto de vista meramente práctico y productivo. A pesar de ello, la ciencia y la tecnología todavía no encuentran su ubicación cabal en la educación actual.

Importancia de la integración de la ciencia y la tecnología a la educación

Hay una idea corriente en las escuelas de que la ciencia es incomprensible. Ello alimenta esa falsa dicotomía de los niños "fuertes en letras o humanidades" y los "niños fuertes en ciencias" y plantea una suerte de oposición, errónea, entre la ciencia y la cultura.

Pero ante la importancia contemporánea de la ciencia y la tecnología, ya no es posible obviar la necesidad de incorporarlas como parte importante de la educación básica de las nuevas generaciones, tanto por sus dimensiones prácticas como por el bien de su espíritu. Ya en 1868, T. H. Huxley, ilustró un aspecto de la cuestión cuando escribió su ensayo "El jugador oculto en el juego de la vida": "Supongan que fuera absolutamente cierto que la vida y la fortuna de cada uno de nosotros dependiera, un día u otro, de un juego de ajedrez. ¿No creen que todos consideraríamos que sería un deber primordial aprender al menos los nombres y movidas de las piezas; tener una noción del enroque y la mirada aguzada para detectar todos los medios de dar y evadir el jaque? ¿No creen que deberíamos mirar con desaprobación cercana al bochorno, al padre que permitiera a su hijo, o al estado que permitiera a sus miembros, crecer sin saber distinguir una torre de un alfil? Sin embargo, es una verdad muy simple y elemental que la vida, la fortuna y la felicidad de cada uno de nosotros y, prácticamente, de todos los que están relacionados con nosotros dependen de conocer algo de las reglas de un juego infinitamente más difícil y complicado que el ajedrez. Es un juego que ha sido jugado desde el comienzo de la vida, y en el que cada hombre y mujer es uno de los dos jugadores de su propio partido. El tablero es el mundo, las piezas son los fenómenos del Universo, las reglas del juego son las llamadas "Reglas

de la Naturaleza". El contrincante está escondido. Sabemos que su juego es siempre honesto, justo y paciente. Pero también sabemos, a nuestra costa, que nunca deja pasar un error, o permite la menor ignorancia. A la persona que juega bien, se le pagan los mayores dividendos, con esa suerte de generosidad desbordante con la que el fuerte se muestra complaciente de su propia fuerza. Pero al que juega mal se le da jaque mate —sin apuro, pero sin remordimiento."

Algo similar podríamos decir actualmente acerca de nuestro juego con la ciencia.

Una idea errónea: la ciencia como disciplina aislada

Los gobernantes recalcan la importancia de la ciencia en sus programas electorales; los medios de comunicación dedican parte de su cobertura a logros científicos sobresalientes, tales como el descubrimiento de una nueva vacuna, el telescopio espacial o los super colisionadores de partículas; los trabajadores y empleados aceptan sin problemas la presencia habitual de los medios electrónicos de procesamiento de datos y —aún así— los legos siguen considerando "a la ciencia y a las investigaciones científicas como un misterioso culto cuyos sumos sacerdotes, en abierta alianza con los poderes temporales, poseen el conocimiento del bien y del mal. Se les hace responsables de todo lo que sucede y, al mismo tiempo, se espera que ellos lo corrijan", según palabras de R. L. M. Synge, en "La ciencia para el bien del espíritu".

Todos están de acuerdo acerca del papel protagónico que cumplen la ciencia y la tecnología. Sin embargo, son numerosas las voces que válidamente se alzan ante los malos usos que se hacen de ciertos progresos porque, como el árbol en el Jardín del Edén, la tecnología parece habernos traído dichas y tristezas. La contaminación ambiental, los peligros de la radioactividad, la manipulación genética indebida, el uso abusivo de los medios de comunicación, la tragedia de la droga, el horror de las guerras, se relacionan en muchas oportunidades con el avance de la ciencia. Pero hemos de pensar que, si la sociedad hubiera prohibido todas las tecnologías cuyo uso incorrecto podría haber desembocado en efectos peligrosos, aún no habríamos superado la Edad de Piedra y el descubrimiento del fuego.

Por el contrario, como afirma el filósofo austríaco Karl Popper, "vivimos en una época en la que la humanidad, gracias a la ciencia, está resolviendo la mayor parte de los problemas que parecían, hace un tiempo, poco menos que insuperables".

Entonces, ¿cómo no defenderla, impulsarla y amarla?. Más aún, hoy en día su desarrollo es tan vital para el crecimiento humano que podríamos afirmar que, tanto la ciencia como las tecnologías convenientes, son condición sine qua non para el bienestar material y espiritual de los pueblos. No podemos desconocer ni escapar a esa realidad.

La promoción de la ciencia y de la tecnología

La situación actual requiere decisiones rápidas que se traduzcan en hechos concretos. Entre ellos, es necesario el apoyo económico urgente a tantos científicos y técnicos argentinos meritorios. Pero tanto o más importante que lo anterior es el establecimiento de un consenso y un respeto masivos de la ciudadanía frente a la ciencia y la tecnología. Con esto no me refiero a un reconocimiento superficial traducido en alabanzas vacías sino a que los criterios científicos orienten el comportamiento general y guíen las diversas actividades cotidianas, así como que sirvan para tomar conciencia de los problemas ambientales que afligen al mundo y colaboren en la búsqueda de soluciones, promoviendo el respeto y afecto por las cosas vivientes. Sólo un conocimiento de los principios básicos de la ciencia por parte de la población hará posible una inserción positiva y armoniosa de los medios tecnológicos en la sociedad y permitirá el desarrollo

creativo de nuestro pueblo. En un mundo cuyo mayor capital son las mentes que producen ideas, estos principios fundamentales son y deben formar parte de la cultura de cada persona y es difícil —sino imposible— que los adultos participen de esa cultura si no la han adquirido y practicado desde su juventud. La educación pública, en sus ciclos primario y secundario, configura el ámbito natural para su aprendizaje adecuado.

La ciencia en la cultura o la cultura de la ciencia

La ciencia se presenta frecuentemente disociada del conjunto de la cultura y hasta en oposición con ella. En la medida en que la ciencia es universal, adquiere un carácter supracultural. Pero a la vez es el fruto de una cierta cultura y en ella inciden los resultados científicos de cada época. El telescopio comúnmente atribuído a Galileo cambió la visión que el ser humano tenía de sí mismo al desplazar a la Tierra del centro del Universo. La imprenta de Guttemberg hizo posible el acceso de millones de personas a las ideas importantes de su época. Según la precursora Margaret Mead, la cultura es "el conjunto de formas adquiridas de comportamiento que un grupo de individuos, unidos por una tradición común, trasmiten a sus hijos (...) Esta palabra designa, pues, no sólo las tradiciones artísticas, científicas, religiosas y filosóficas de una sociedad, sino también sus técnicas propias, sus costumbres políticas y los mil usos que caracterizan su vida cotidiana..." Según Gastón Berger, "es el sentido de lo humano". En cualquiera de ambos enfoques, la ciencia debe ocupar el lugar adecuado en el hecho social y en la práctica de lo humano.

Es decir, la cultura debe ser también una cultura científica. La separación clásica entre Letras o Humanidades y Ciencias corresponde a una oposición antigua que se relaciona con el trabajo intelectual y el trabajo práctico.

Debemos superar el antagonismo para evitar que se produzca una ruptura entre la vida, en su dimensión práctica, y la escuela, basada frecuentemente en ideas vacías justamente por estar separadas de la vida (A. Landoande. "La ciencia y la diversidad de las culturas", Coloquio Internacional de la Unesco, Ed. Santillana, 1976).

Sin duda, la ciencia es parte de la cultura de los pueblos. En su obra fundamental, "Función social de la ciencia", J. D. Bernal escribió, hace ya más de 50 años: "En la ciencia, los hombres han aprendido conscientemente a subordinarse a un objetivo común, sin perder la individualidad de sus logros. Cada uno sabe que su obra depende de la de sus predecesores y colegas, y que sólo puede llegar a dar sus frutos a través del trabajo de sus sucesores. En la ciencia, los hombres colaboran, no porque se vean obligados a ello por una autoridad superior, o porque sigan ciegamente a algún líder elegido, sino porque advierten que únicamente por medio de esta colaboración voluntaria es como podrá encontrar cada hombre su objetivo. La acción está determinada, no por las órdenes, sino por el consejo. Cada hombre sabe que sólo por el consejo, ofrecido honesta y desinteresadamente, puede tener éxito su labor, pues semejante asesoramiento expresa, tanto como es posible, la lógica inexorable del mundo material, del hecho obstinado. Los hechos no pueden ser deformados por nuestros deseos, y la libertad proviene de la aceptación de esta necesidad, y no de pretender hacer caso omiso de ella. Estas cosas han sido aprendidas dolorosa e incompletamente en la actividad científica. Su aplicación plena sólo podrá ser hallada en las tareas más amplias de la humanidad."

Y más tarde agregó: "Los científicos también reconocen sus debilidades, su falta de contacto, no tanto con las sedes del poder, como con las personas que pueden ser las verdaderas beneficiarias de la ciencia. Cuando este contacto se renueve y mejore, podremos abrigar la esperanza de construir un mundo en el que la ciencia deje de ser una amenaza para la humanidad y se convierta en una garantía para un futuro mejor".

Cada ciudadano tiene una responsabilidad en la función social de la ciencia.

Ciencia y tecnología en las aulas

El progreso científico, la aceleración del cambio, las connotaciones e ideas distintas acerca de la condición humana, han acabado por hacer impensable el modelo de la educación como máquina para la producción en masa y el adiestramiento técnico. Es imprescindible integrar la ciencia y la educación pero… ¿cómo? El problema excede los límites del currículum y de los contenidos.

Creo firmemente que la ciencia sólo tendrá vigencia real, adquirirá vigor y será reconocida socialmente como válida e indispensable si, desde niños, todos comenzamos a conocerla, valorarla, y hacerla parte integral de nuestras vidas.

Si estamos de acuerdo con esta hipótesis, debemos ponernos a trabajar para ver de qué manera puede tener materialización en las aulas. Y es aquí donde debemos poner especial cuidado para crear las condiciones que hagan posible un aprendizaje genuino de la ciencia. Ante todo, se impone un nuevo paradigma educativo: es necesario que, desde el comienzo de su formación intelectual, los niños se ejerciten en el hacer y en la reflexión. Poder identificar los problemas a través del análisis, la observación, la recolección de datos y pruebas, es tan importante como resolverlos. Por eso, cuando hablo de ciencia en la educación me estoy refiriendo esencialmente a *crear ambientes* en los que los alumnos *piensen y actúen como científicos.*

Tradicionalmente, el maestro se limita a trasmitir una serie de contenidos y, en el mejor de los casos, a repetir experimentos hechos por el otro del mismo modo en que se reproduce una receta cuyo resultado se conoce de antemano. Mi posición es diferente: creo que, más que recibir el producto de la ciencia, los niños deben desarrollar la *actitud científica.* Debemos enseñar a nuestros niños a ser científicos antes que enseñarles ciencia.

En ese sentido, es menester tener en cuenta algunos aspectos importantes. En primer término, conviene alentar las actividades denominadas de *realización de proyecto* antes que las actividades de *resolución de problemas*, dedicándole a la elaboración de cada proyecto el tiempo que sea necesario. En segundo lugar, debemos favorecer el desarrollo de modos de acción científicos: planeamiento, elección de estrategias y medios, hallazgo de una primera solución simple, métodos de prueba y error, ensayo y comprobación de hipótesis…

No puedo dejar de señalar aquí que la ciencia ha hecho posible una nueva y notable infraestructura tecnológica. Tal es el caso de las computadoras, que tanto pueden ser utilizadas como medios versátiles para la creación en las áreas de la palabra, la música y la imagen, como para tomar contacto con algunas de las ideas más poderosas de la ciencia.

Distintas iniciativas

Hace ya más de un siglo, Sarmiento fue un visionario que supo comprender la inmensa y decisiva importancia que el avance científico tenía para el país.

Así, escribía: “Los pueblos modernos son los que resumen en sí todos los progresos que en las ciencias y las artes ha hecho la humanidad”, y citaba a menudo el ejemplo de Benjamín Franklin, a quien admiraba por su papel en las letras, la política y también en las ciencias norteamericanas y, particularmente, por su invención de “un instrumento sencillo para someter los rayos del cielo”.

Existe actualmente una tendencia mundial en pro de la incorporación activa de las ciencias en la educación. La National Science Foundation de los Estados Unidos impulsa, con ese objetivo, numerosísimos proyectos. La educación científica ha sido, también, desde hace mucho una preocupación importante para la Royal Society de Londres. Un comité, establecido en 1969, brinda asesoramiento acerca de la educación científica en todos los niveles. Entre otras actividades, su programa permite a los maestros y sus alumnos de todas las edades participar en proyectos originales de investigación científica.

En el otro extremo, E. P. Velikov, vicepresidente de la Academia Soviética de Ciencias, ha

decidido alentar el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la URSS por medio de las escuelas, promoviendo en ellas la realización de experiencias de carácter científico y tecnológico. Por otra parte, los alumnos de los establecimientos educativos participan de una fuerte tradición ligada a la ciencia; es costumbre que los profesores universitarios visiten las escuelas a las que ellos concurrieron cuando niños y dicten clases, también secundados por sus asistentes y estudiantes.

Ciencia y sociedad

Afortunadamente, en nuestro país se hallan ya en marcha diversas iniciativas para acercar la ciencia a los niños. Existen diversos programas de perfeccionamiento docente, funcionan numerosos talleres, se realizan a menudo ferias de ciencias, circulan algunas revistas y publicaciones y han comenzado a concretarse museos científico-tecnológicos para niños y adolescentes.

Un capítulo a tener en cuenta es el que protagonizan los medios masivos de comunicación, que contribuyen a explicar y difundir los hitos históricos de la ciencia y los descubrimientos recientes. Los programas de divulgación científica y técnica, a través de la televisión o de la prensa escrita, cumplen una función relevante al ser realizadas con idoneidad y mesura.

Al igual que otras grandes ciudades del mundo que cuentan ya con instituciones que promueven actividades científicas —pensemos en el Exploratium de San Francisco, el Museum of Science de Boston, el Deutsches Museum de Munich, el Science Museum de Londres, el Palais de la Découverte y la moderna Cité des Sciences et de l' Industrie (La Villete) de París— la ciudad de Buenos Aires, así como también otras del interior del país, necesitan centros que difundan los principios básicos de la ciencia a nivel popular y muestren las más recientes aplicaciones de la tecnología y sus tendencias. Para que esa difusión sea eficaz, deben ser capaces de crear entornos participativos que, sin perder seriedad científica, presenten las ideas fundamentales de manera rigurosa y a la vez atrayente.

Hacia una política científico-tecnológica en la educación

La tarea necesaria para llevar adelante estas innovaciones es enorme... pero la mayor dificultad reside en la *mente de las personas* y no en la carencia de recursos. Son muchas las iniciativas dispersas y es imprescindible contar con planes adecuados que las organicen y les den respaldo. Implementaciones incorrectas llevan al fracaso y, lo que es peor, al desprestigio de la idea. Así sucede a menudo en la educación cuando —como en otras áreas— el sistema vigente "abraza y asfixia" nuevas y valiosas propuestas al incorporarlas con filosofías o criterios equivocadas. Tales circunstancias se han producido, por ejemplo, con la introducción de las computadoras y de la psicogénesis de la lecto-escritura, en algunos casos.

No se trata de que en forma inmediata se incorporen a las escuelas "coordinadores científicos" paralelos o se repartan "guías de instrucción" para que los alumnos repitan solemnemente experiencias de laboratorio. El problema es más profundo.

Un científico no es aquel que solamente conoce y comprende hechos científicos, de la misma manera que un poeta no es aquel que conoce y comprende reglas lingüísticas. Un científico, lo mismo que un poeta, un compositor o un ingeniero, se distingue por el *hacer* antes que por el saber o el comprender. Es en este sentido que debemos crear ambientes para que los niños estén en mejores condiciones para *hacer ciencia* antes que meramente saber o comprender datos o conceptos científicos. A menudo, en las clases de arte, los niños son alentados acertadamente a ser artistas, y se da por sentado que todo niño puede y debe tener cierta actividad creativa en lengua y arte. Pero no se supone lo mismo con respecto a matemática, física o biología. Y así como algunos psicólogos que no han captado el significado último de la ciencia dicen que ciertos niños

no son proclives a ese tipo de pensamiento, hay científicos que —de manera elitista— afirman que la creatividad científica es privilegio de una minoría. Pero sólo es posible hacer en la escuela una ciencia creativa, —en la cual los niños actúen como científicos— cuando se brindan los ambientes de aprendizaje adecuados y no cuando se insiste en temas extraños y aburridos. La matemática, infortunadamente odiada por muchos, es el mejor ejemplo del poco éxito de la ciencia en las aulas.

Sería de desear que las instancias científicas mayores del país, las Academias y las Universidades a través de sus integrantes, y también los industriales, llegaran a las aulas, intercambian propuestas con los maestros inquietos y conversaran con los niños. Sólo un movimiento masivo y generoso podrá recomponer y colocar a la ciencia y a la educación en la ubicación que merecen en la sociedad argentina.

BIBLIOGRAFIA

1. LORD PERRY OF WALTON, "Science and Education", 1989 Bernal Lecture, Royal Society de Londres, 25 de abril de 1989.
2. R. L. M. SYNGE, "La ciencia para el bien del espíritu", en "La ciencia de la Ciencia", Ed. Grijalbo, México, 1968.
3. MARGARET MEAD, "Sociétés, Traditions et Techniques", Unesco, 1953.
4. GASTON BERGER, "Etapes de la Prospective, PUF, en Civilisation et Cultures, 1967.
5. J. D. BERNAL, "Veinticinco años después", en "La Ciencia de la Ciencia", Ed. Grijalbo, México, 1968.

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (35-40)

CONFERENCIA DEL SEÑOR CANCILLER, DOCTOR DOMINGO CAVALLO, SOBRE : "LAS RELACIONES INTERNACIONALES ARGENTINAS A LA LUZ DE LAS POLITICAS MARITIMAS ACTUALES", PRONUNCIADA EN LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

RESUMEN

Se resume la clase de relación de los argentinos con el mar. A la luz de los nuevos desarrollos científico-tecnológicos se destacan los cambios de actitud hacia la política marítima. A partir de un esbozo suscinto del panorama actual del derecho del mar, se definen las políticas de Argentina acerca del mar y las respuestas dadas a las mismas en el campo internacional.

Finalmente se destaca la necesidad de acentuar nuestra soberanía marítima como modo apropiado de responder a las exigencias actuales.

Señoras y señores,

Quiero manifestar mi agradecimiento al presidente de la Sociedad Científica Argentina por concederme el uso de esta prestigiosa tribuna. Esta Institución ha realizado y realiza una labor ejemplar y su colaboración y sus aportes son dignos del mayor aprecio por parte del gobierno y de la comunidad toda.

El tema propuesto es de por sí muy extenso y complejo. Trataremos de señalar los aspectos más importantes y de sintetizar ciertos puntos precisos en lo referente a nuestra actual política marítima.

Creo que se nos impone una suscinta reflexión de la relación de los argentinos con el mar.

Diría que esos espacios que hoy demuestran toda su importancia, han sido lo que más demoradamente hemos integrado en nuestra conciencia nacional, en nuestro concepto de nación.

Es un lugar común afirmar que los argentinos hemos vivido a espaldas de nuestro mar. En realidad hemos procedido sin concederle a nuestro océano toda la importancia que tiene a la luz de nuestra posición geográfica y de nuestra proyección geopolítica.

Ni la larga experiencia colonial de relación marítima con la metrópoli, ni posteriormente, el aporte inmigracional y las intensas relaciones con Europa han modificado nuestra poca disposición a tener conciencia y conducta de nación marítima.

A lo largo de nuestra historia, sin excluir este siglo, nos hemos considerado una "potencia terrestre". A la imagen mítica del gaucho o de los pioneros de la agricultura, no corresponde una imagen similar como esos "trabajadores del mar" cantados por Víctor Hugo, o de esos grandes navegantes de las literaturas europeas y norteamericana. No hemos sabido crear una cultura del

mar. Y, observaría, que pese a la variedad y riqueza ictícola de nuestro litoral, hasta en nuestra dieta cotidiana hemos rechazado la presencia del mar.

Durante mucho tiempo nuestra conciencia del mar argentino estuvo más bien circunscripta a la labor silenciosa de los hombres encargados de preservar nuestra soberanía y a los científicos que supieron recordarnos la importancia y la variedad de sus enormes recursos.

Pero en estas últimas décadas esa relativa indiferencia empezó a trocarse en una creciente preocupación y en un necesario compromiso. El mar se nos impone hoy como una realidad insoslayable de nuestra política y de la realización económica de la nación.

Este despertar coincide con el proceso de conocimiento científico y tecnológico que hoy otorgan a los espacios marítimos un lugar prioritario en el futuro económico del mundo: es la mayor reserva de proteínas, de hidrocarburos y de minerales del globo. Algunas estimaciones establecen que para fines de este siglo el cincuenta por ciento de los combustibles líquidos se extraerán de los subsuelos marítimos.

En suma: seguir estando a espaldas del mar sería pretender negarse a una de las más grandes realidades económicas del mundo actual.

Por tanto nuestras políticas deben ser consecuentes y nuestra acción diplomática tiene que resguardar estos intereses marítimos en el campo de las relaciones internacionales.

Si observamos estas relaciones en lo que al mar se refiere, advertiremos que existió una gran quietud. Los problemas del mar fueron, durante siglos, el campo exclusivo de las grandes potencias. El mar, mas que nada era el camino que unía el sistema colonial. Era la avenida para transportar riquezas. Las principales preocupaciones eran defensivas y estratégicas, el mar territorial se podía medir según el alcance de una bala de cañón. La pesca era una actividad casi artesanal y la exploración de los fondos marinos no pasaba de la búsqueda de perlas.

Los problemas del mar se manejaron según el criterio de las potencias centrales y los aspectos de soberanía no iban más allá de las necesidades de la defensa costera.

En este siglo, con el auge de la tecnología, nace un derecho del mar urgente, en continua modificación para responder a las grandes transformaciones que proponen los adelantos científicos.

El proceso de descolonización, a escala global, conlleva una revolución que altera los perimidos y consuetudinarios criterios de las grandes potencias.

Más allá de los problemas militares y estratégicos, los mares se transforman, en pocas décadas, en fuentes de riqueza. Los intereses a proteger serán, fundamentalmente, económicos.

Países como el nuestro tomaron conciencia de que se imponía defender su presencia en el mar más allá de un sentido de defensa de la soberanía abstracta o principista.

Estas transformaciones llevaron a la comunidad internacional a tratar de armonizar los nuevos intereses. Ya en 1930 la entonces sociedad de las naciones convocó a una conferencia para iniciar la codificación del derecho del mar. Pero sólo a partir de 1958 en la primera conferencia de las Naciones Unidas sobre esta materia se inicia un debate que se irá ampliando a nuevos temas. Este proceso alcanzará un punto culminante en la convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar de 1982.

El derecho del mar, como todo derecho en formación, se alimentó y se alimenta del enorme caudal de situaciones y de problemas que van surgiendo a medida que se incrementan las tecnologías que permiten poner en valor las riquezas marinas. Y casi paradójicamente, ese derecho debe contemplar también los problemas que van surgiendo por causa de los avances tecnológicos como, por ejemplo, la contaminación y la depredación ictícola.

En este largo proceso formativo de Derecho Internacional los países de nuestra América y Argentina, se sintieron lógicamente convocados a defender los espacios marítimos en cuanto fuentes concretas de riquezas potenciales.

Es grande el aporte de los países del Pacífico con fuertes intereses pesqueros. En las declaraciones de Santiago de 1952 y luego en las de Lima y Montevideo de 1970 y en la de Santo Domingo

de 1972, crearon un importante conjunto de principios tendientes a defender sus explotaciones pesqueras hasta 200 millas de la costa.

Los países en desarrollo bregaron para limitar la actividad de las grandes potencias pesqueras y explotadoras de hidrocarburos en su litoral. Los países industrializados trataron de permitirse el acceso a esas riquezas en base a un perimido derecho de costumbre y a ciertos criterios de libertad de los mares extendidos indebidamente a la tarea de explotación ecónomica de ricas plataformas continentales muy alejadas de sus propias costas.

No es el objeto de esta exposición detenernos en los pasos de esta larga dialéctica internacional. Sintetizaría este proceso diciendo que:

En primer lugar, se han ido universalizando y armonizando los criterios de soberanía marítima, de libre navegación de los mares y las necesidades de regular la explotación de los recursos vivos y del subsuelo marino.

A esta grande tarea de delimitar espacios de explotación económica se agrega la necesidad de preservar los mismos mares, amenazados de contaminación y preservar la riqueza ictícola de la depredación indiscriminada.

Diría que la normatividad ha avanzado mucho mas lentamente que la capacidad tecnológica para explotar los recursos y hoy se impone ajustar este peligroso desfasaje.

Esbozado suscintamente el panorama del derecho del mar, corresponde que nos centremos en la definición de las políticas de Argentina acerca del mar y las respuestas que damos a las mismas en el campo internacional.

Creo que es un buen método expositivo porque los argentinos somos más bien propensos a encerrarnos en posicioness principistas, generalmente abstractas, retóricamente atrayentes, pero que luego tenemos que ir modificando ante la realidad y el peso de los hechos.

Muchas veces hemos procedido como creyendo que bastaba fijar una norma de derecho para que ese derecho se respetara internacionalmente. En esto hemos pecado de ingenuidad. ¿De qué valdría prohibir la pesca de los extranjeros en nuestros mares si nosotros mismos no pescamos, no ocupamos el mar ni siquiera podemos mantener en servicio la vigilancia para hacer cumplir la ley?

Defendimos espacios de soberanía sin la consiguiente voluntad política y económica de usarla, de actuarla como protagonistas.

Creo que vivimos un hondo proceso de maduración. Estamos en un tiempo de saludable revisión de valores y de deseos de resurgimiento. Creo que se afirma la sana voluntad de sustituir la declaratividad por la eficacia.

La norma debe tener la fuerza que sepamos dar a sus contenidos reales. Ya no podemos esperar de las normas abstractas el impulso que nos pueda sacar de la inercia.

Hablar de nuestra política marítima nos lleva a una primera y necesaria reflexión sobre nuestra condición de insularidad, aunque no seamos una isla. Pero por nuestra posición geopolítica somos una gran ínsula que debe cuidar el mar como sus indispensables caminos de acceso y como un protoplasma vital.

Si bien nuestra integración con los países hermanos de América es el objetivo prioritario, no debemos olvidar nuestra proyección hacia Europa y la centenaria realidad de país exportador que nos obliga a priorizar nuestras preocupaciones en todo lo referido al océano.

En lo que hace al importante tema de la soberanía sobre los espacios marinos, se podría afirmar que después de necesarios ajustes hemos entrado en una etapa de justa búsqueda de equilibrio entre nuestros intereses nacionales y las grandes corrientes de opinión internacional manifestadas en los instrumentos y convenciones que legislan el actual derecho del mar.

Hoy Argentina establece la soberanía sobre un mar territorial que se extiende hasta las 12 millas de sus costas. En ese espacio ejerce soberanía exclusiva permitiendo el paso inocente de buques de otras banderas. Nuestro país fuertemente exportador por vía marítima, no puede sino que apoyar el principio de la libertad de navegación. La extensión de un mar territorial hasta las

200 millas lo afectaba (experiencia que los argentinos tuvimos cuando Brasil extendió su mar territorial hasta esa distancia).

Al establecer el límite en 12 millas garantizamos a terceros y *nos garantizamos* el principio de libertad de navegación vital para nuestras comunicaciones.

Pero a partir de esa línea del mar territorial, Argentina detenta una zona económica exclusiva de hasta 200 millas, donde nuestro país ejerce derechos de soberanía y se reserva el control y la regulación de la explotación económica de las riquezas adyacentes a nuestras costas.

A estas dos grandes definiciones se agrega la de plataforma continental, establecida por la Argentina desde 1944 y que se define en la Ley 17.094 inspirada en los criterios de la Convención de Ginebra de 1958. Hoy en día, este concepto ha sido incorporado y regulado por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982, extendiendo la plataforma continental, es decir que comprende no sólo la plataforma continental propiamente dicha sino también el talud y la emersión hasta donde esta última limita con las llanuras abisales.

Merced al trabajo que los científicos hoy sabemos la riqueza en minerales del subsuelo marino y la existencia de yacimientos petrolíferos y de gas tal vez mucho más importantes que los hasta ahora conocidos en los continentes.

Esta materia de la delimitación de los espacios marítimos es por demás compleja. Sólo señalo lo esencial de nuestra posición. Esta corresponde a la voluntad política de preservar para nuestro país los bienes que contiene y de impulsar su eficaz explotación.

Se han ganado difíciles batallas en el campo jurídico. Ahora hay que ganar la batalla de la economía, de la productividad, hay que transmutar los derechos abstractos en riquezas concretas. Tenemos que ser protagonistas económicos de nuestra soberanía. Esta palabra no debe seguir siendo de uso exclusivo de funcionarios y de tratadistas del Derecho Internacional. Tiene que ser protagonizada por los empresarios, por los inversores, por los trabajadores, técnicos y científicos que sepan hacer de nuestro mar una fuente viva de actividad y de capitalización.

Cuando lo logremos, cuando el vacío de actividad sea sustituido por la productividad, la defensa de nuestra soberanía será facilitada por la fuerza que adquirirá nuestra posición negociadora. El frente productivo será la barrera de respeto internacional y nuestros derechos ya no serán meramente declamatorios.

Estimo que este es uno de los puntos centrales de nuestra política. Conlleva un básico cambio de enfoque. No se trata de un economicismo sino de una estrategia económica que redundará directamente en la afirmación de nuestra soberanía marítima.

La mencionada necesidad de *actuar* nuestra soberanía se pone de manifiesto en el tema de la riqueza ictícola, de la pesca.

Nuestro mar tiene un poder biogénico reconocido. Nuestro mar patrimonial, esto es la zona económica exclusiva, es una de las grandes cuencas pesqueras del mundo. Sin embargo, nuestra industria es todavía incipiente en relación a la magnitud de recursos.

Flotas especializadas de muchas banderas operan en áreas adyacentes a esa zona, en ese mar de proteínas. Muchas especies migratorias están sufriendo la depredación por pesca abusiva.

En este caso se pone de manifiesto la inutilidad de las normas generales cuando quedan en el limbo de las abstracciones, cuando económicamente estamos incapacitados de explotar adecuadamente nuestros bienes y cuando el mismo estado, empobrecido por la larga crisis de burocratismo y de una economía paralizada, ni siquiera puede solventar los gastos de la policía marítima que requiere nuestro vasto litoral.

La decisión política de nuestro gobierno es la de dar mayor impulso a nuestra industria pesquera. Estimamos que sólo mediante grandes alicientes económicos podremos asegurar la presencia de nuestros empresarios en el mar argentino.

Para propiciar la competitividad de nuestra industria debemos facilitar la acción de nuestros empresarios. En las ideas con que estamos trabajando para la ley de pesca se recoge lo esencial de nuestra política:

– Se crearía una gran zona franca para desgravar las exportaciones pesqueras y las importaciones de los insumos que nuestras empresas requieran.

– Se daría justa preferencia a las empresas nacionales, ya que en la zona económica exclusiva de hasta las 200 millas, sólo podrían pescar buques de otras banderas excepcionalmente, cuando hubiere excedente de cupos y pagando un canon. Esta fuente de divisas iría directamente en beneficio de la promoción de la investigación científica aplicada al mar y para asegurar los ingentes gastos de policía marítima.

– Quiero insistir en destacar la importancia que se otorgaría al conocimiento científico en materia de pesca. Hoy la adecuada información biológica y el estudio de los mares es una actividad indispensable. Del conocimiento científico adecuado depende nuestra posibilidad de establecer cupos de pesca para las distintas especies y de determinar si su supervivencia está en peligro. Debemos tener en cuenta que se trata de un recurso renovable pero agotable, de conducta migratoria.

– Esta cualidad migratoria de las especies nos lleva a tener que conocer las políticas pesqueras de otras naciones y a tratar de armonizar criterios a fin de evitar la depredación. Más allá de las 200 millas de la zona económica exclusiva nos interesa que el alta mar no sea una "*tierra de nadie*"! Es obvio que la conducta con que allí se actúe tendrá directa repercusión en nuestros recursos. Nuestros objetivos son conservacionistas en lo que hace a los recursos renovables. Y en directa relación con este objetivo, bregamos para evitar la creciente contaminación en el Atlántico. Esta política nacida de intereses concretos, nos lleva a buscar acuerdos con los países dedicados a actividades marítimas en zonas de alta mar, donde no alcanza la jurisdicción de nuestra ley, pero donde rigen principios internacionales que tienden a proteger los ecosistemas, el medio ambiente y a evitar la contaminación de los mares causada principalmente por los hidrocarburos y por los vertimientos de desechos radioactivos y químicos.

Argentina es signataria del importante tratado sobre vertimientos oceánicos firmado en Londres en 1972 pero creemos que este instrumento no se aplica debidamente: el Atlántico Sur es zona de descarga de desechos de los países industrializados. Creemos que se debe actuar rápidamente para que el Atlántico no corra la suerte del Mediterráneo.

Nos favorece para esta empresa un nuevo sentido o corriente internacional que en los últimos años ha tomado conciencia activa de estos peligros inmanentes en el desarrollo tecnológico pero que es indespensable controlar.

Somos la primer generación de habitantes de este planeta que se tuvo que plantear la necesidad de preservarlo de una actividad humana destructiva, que obliga a poner límites y a modificar los primitivos criterios de explotación indiscriminada de la naturaleza.

La preocupación por la biósfera es ya universal. Pero estamos todavía en la zona límite, en la zona de cambio de conducta, donde los intereses económicos deben detenerse o acomodarse a las pautas que nos da la ciencia para preservar el mundo en que vivimos.

Si nuestro potencial reside principalmente en los bienes naturales, como ese mar que es objeto de nuestro análisis, se comprenderá entonces que seamos protagonistas de pleno derecho ante las amenazas del equilibrio ecológico y la contaminación.

Si como dijimos, dentro de pocos años se podría llegar a extraer un cincuenta por ciento de combustibles líquidos de los subsuelos marinos, es obvio que nuestro país tenga una adecuada conciencia científica de las posibilidades y los peligros y que bregue en el campo internacional para que la explotación de los grandes recursos submarinos se haga evitando el peligro de la contaminación.

En nuestro subsuelo marino, sobre el que ejercemos soberanía, hay ingentes reservas petroleras. De modo que nosotros mismos tendremos que explotarlas con el cuidado necesario para que no afecten la flora y la fauna suprayacentes.

Hemos recorrido los principales aspectos de nuestra realidad de país con fuerte potencial

marítimo. Esta realidad nos impulsa a formular políticas tanto para preservar esos bienes como para ponerlos en valor y pasar de lo potencial a lo fáctico.

Hemos señalado en relación al derecho del mar, la necesidad de compatibilizar nuestros intereses con los de otras naciones. Pero nuestra acción en el campo de las relaciones internacionales debe contemplar otras situaciones a las que está directamente vinculado nuestro mar austral.

Pretendemos encarar nuestras relaciones internacionales con un sentido pragmático y realista. Creemos indispensble sustituir cierto estéril espíritu de confrontación por las ventajas del diálogo constructivo. Y como se apuntó anteriormente, estamos convencidos de que nuestra fuerza negociadora en el plano internacional deberá afirmarse con nuestra presencia real, efectiva, productiva, económica, en un mar que nos invita a una gigantesca tarea de desarrollo.

De relaciones de tensión conflictiva, como la que existió durante tantos años con Chile, o de una situación bélica, como la vivida con Gran Bretaña, hemos pasado al diálogo constructivo.

El restablecimiento de las relaciones diplomáticas con el Reino Unido es un paso importante, no sólo por sí mismo sino también porque debe contribuir a la recuperación por la vía diplomática del ejercicio de nuestra soberanía inalienable sobre Las Malvinas, Georgias del Sur y Sandwich del Sur, incluyendo sus espacios marítimos circundantes.

Asimismo, el acuerdo de límites con Chile nos permite una amplia cooperación en el mar Austral y en nuestra actividad en el Continente Antártico.

No debemos dejar de señalar la importancia que tiene para nuestro país la circulación marítima hacia el Pacífico y el acceso a los puertos chilenos en el Pacífico . Nuestra política exportadora hacia los países asiáticos exige el afianziamiento de las buenas relaciones que corresponden con ese país hermano, para quien a su vez Argentina es muy importante en lo que hace a las comunicaciones marítimas por el Atlántico y terrestres hacia Brasil, Paraguay y Uruguay.

Nuestras relaciones internacionales vinculadas con el mar tiene que poner su mayor esfuerzo en la cooperación científica y tecnológica con los países más avanzados en la materia. Tanto en el plano bilateral como en el multilateral, a través de organismos especializados como la organización marítima internacional, mantenemos una presencia constructiva. Pocas actividades requieren hoy en Argentina un conocimiento científico –desde la oceanografía hasta la biología marina– tan indispensable como los que exige poner en marcha la productividad en esos espacios.

También creo necesario señalar que Argentina apoya la iniciativa de las Naciones Unidas declarando al Atlántico Sur como "Zona de paz y cooperación". Los países ribereños de ambos continentes de ese gran espacio se reunen anualmente para consultarse y considerar diversas iniciativas. Uno de los objetivos centrales es librar al Atlántico Sur de riesgos de conflicto, coordinando las políticas necesarias a este fin. Creemos que este foro nos permitirá crear corrientes de opinión y de intercambios útiles para la defensa de nuestras propias políticas marítimas.

Señoras y señores,

Al concluir esta rápida visión de nuestras políticas marítimas en las relaciones internacionales, quise señalar de que modo nuestra diplomacia es conciente de la importancia del mar y de la necesidad de que nuestra política respalde a nuestros objetivos. La diplomacia es el arte de lograr que los intereses opuestos eviten el conflicto y se beneficien del acuerdo.

Pero quise más que nada señalar la multiplicidad de aspectos que el tema propone y expresar la firme decisión de nuestro gobierno de aceptar el "desafío del mar" como uno de los grandes temas políticos de nuestra Argentina.

Sin dudas nuestra diplomacia seguirá actuando en todos los campos que convoca esta materia, pero siempre alentando la presencia económica, la productividad, para que la noble defensa de la soberanía se confunda indivisiblemente con la defensa de los intereses concretos; como se defiende la casa que habitamos cada día.

Muchas gracias.

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (41-46)

POSTURA DEL UNIVERSITARIO FRENTE A LA VIDA

Ing. Agr. Leopoldo Brugnoni

RESUMEN

A modo de reflexión personal, se analiza el proceso educativo en general y el papel del universitario en particular. Tomando como referencia algunos ejemplos de hombres notables se delínea un perfil preciso del hombre universitario y su respuesta vital ante las exigencias de la vida moderna.

A mi me parece que es necesario reflexionar sobre lo que ocurre en nuestro derredor, sobre las acciones de los hombres y, de ser posible, sobre los pensamientos que guían tal accionar. Pienso que de esa forma sería factible ubicarnos dentro del contexto general y hacer posible que la vida pase por nosotros, y no solamente, que nosotros pasemos por la vida.

No siendo filósofo, sino apenas un aprendiz de tal, un filosofillo, debo recurrir a mi bagaje cultural, entendida la cultura desde el punto de vista moderno, que no la limita a las artes, a las humanidades, sino que permite abarcar las ciencias y las técnicas naturales y sociales, desde la física hasta la historia, y desde la ingeniería hasta la ciencia de la administración.

Y es en este punto, que al repasar mentalmente nuestro desarrollo curricular, me encuentro con un panorama sino desolador, por lo menos inquietante.

Para nuestra ubicación como hombres y ciudadanos, me pregunto:

¿Qué nos brindaron la instrucción primaria, secundaria y universitaria?

En mi caso, este proceso educativo estuvo orientado a ese solo fin: lograr un universitario, un técnico, capaz de resolver cuestiones relacionadas con la agronomía, pero con escasa información metafísica, filosófica, e incluso con un agravante, toda vez que me vuelvo a cuestionar:

¿de haber suspendido el aprendizaje al terminar la escuela primaria, o en el mejor de los supuestos, al terminar el colegio secundario, qué hubiese sido de mí?. Pienso que como esas dos etapas no tenían "in senso stricto" una finalidad en sí misma, sino que eran los pasos previos para alcanzar con éxito la universidad, la formación ciudadana, hubiese resultado, a la postre, por demás mezquina.

Si sumo a esa circunstancia la de haber transitado un trasvasamiento de conocimientos poco razonados, captados de memoria y, así devueltos, la situación se agrava aún más.

Luego, el esfuerzo que tuve que realizar para superar las falencias de tal instrucción fue grande, y el progreso lo logré a través de la prueba y error.

Sé que la enseñanza se ha modificado, que se induce al estudiante a pensar por sí mismo, pero también sé, como profesor universitario, que los productos de la moderna instrucción dejan mucho que desear, no por la calidad humana, sí por la preparación, que muestran secuelas, entre otras, gramaticales, geográficas e históricas difícilmente comprensibles. Pensemos sino en lo que manifestaba Francis Bacon: "la lectura hace al hombre completo, la conversación lo hace ameno, y la escritura preciso", y observamos lo poco que se lee, lo mal que se escribe y la falta total de fluidez e inteligencia en las conversaciones. Por empezar, los exámenes orales en las facultades se circunscriben a formular preguntas precisas que esperan respuestas similares, breves, constantes, sin otra consideración marginal. Luego, salvo los dotados genéticamente, los otros, los que sólo recibieron los beneficios de la enseñanza, no parecen haberlos capitalizado.

Mas, toda vez que esta reunión se lleva a cabo en la Facultad de Agronomía de Buenos Aires, declaro paladinamente que soy egresado de esta casa de estudios, por eso recurro a mi memoria y trato de recordar lo que me transmitieron mis profesores y de responderme a la pregunta: ¿qué conocimientos me brindó la facultad para desempeñarme como un buen profesional?.

Recuerdo lo leído sobre Pedro N. Arata, mi primer Decano de la Facultad. Poseía la erudición y la amenidad de Cicerón, y enseñó hasta el último instante de su fecunda existencia, como Sócrates, porque tenía el alma templada al diapasón de los filósofos de la Grecia antigua.

Arata expresó sus ideas con toda claridad: "Los estudiantes, deben serlo de verdad; estudiar para saber y no para dar examen. De nada vale esa semiciencia, pegada con saliva en las circunvoluciones cerebrales, tiene algo de esas pelucas que usan los calvos y que se desarreglan al sacarse el sombrero. Un buen estudiante no es la mulita de noria que da y da vueltas alrededor del texto y del profesor; debe adquirir sus conocimientos, revolviendo libros, textos, revistas y recordar que la Universidad no da doctrina general y armónica, que por otra parte es todavía un desideratum. La Universidad enseña el método para estudiar, le pone jalones para que sirvan de punto de mira. El estudiante amante de la ciencia debe explorar por su cuenta el campo comprendido dentro de esos signos".

A los docentes, les dice: "Un profesor es un guía en el estudio, que sabe mucho pero está lejos de saberlo todo. ¿Queréis conocer al mal profesor, al ignorante?, es aquel que todo lo sabe y para quien no hay dificultades. Un profesor de ciencias experimentales, no debe ser simple repetidor, con más o menos talento didáctico, tiene un laboratorio que debe utilizar para la enseñanza y también para beneficio de la ciencia. Debe estar familiarizado con el método experimental y señalarlo a sus discípulos, explicar la teoría de su método, sin la cual no sería comprendido, y recordarles siempre que la teoría no es la ciencia misma, sino el andamio que sirve para construir el edificio de la ciencia. Que el andamio se modifica según las necesidades de la construcción; que lo único permanente y que siempre queda de pie, es la ciencia, para gloria del arquitecto y beneficio de la humanidad".

Luego dentro de este pensamiento, que luego veremos como se va modificando con el correr del tiempo, se inscriben los maestros de esta Facultad, nacidos al calor de la sabiduría latina y, que si no comprendían, sabían que Sócrates solía decir: "No sé bien sino una cosa: que yo no sé nada". Además, asiduos lectores de los famosos "Ensayos" de Montaigne (capítulo de los Rengos, año 1580), tenían presente que "muchos abusos se engendran en el mundo, o por decirlo más atrevidamente, todos los abusos del mundo engéndranse por enseñarnos a temer declarar nuestra ignorancia, y por tener que aceptar todo lo que no podemos refutar, hablamos de todas las cosas por preceptos y resoluciones" y sigue diciendo Montaigne: "En Roma, la declaración de un testigo que relataba algo visto por sus propios ojos, o bien la sentencia de un juez, fundada sobre la ciencia más cierta, tenía que empezar de este modo: "Me parece".

Esos relatos se han perdido, e incluso el pensamiento moderno de Alfredo Adler, discípulo disidente de Freud, ya no es recordado. Sin embargo, sigue teniendo plena vigencia su frase

rectora: "el hombre sabe más de lo que comprende", principio axiomático que llama a la reflexión, a la templanza. La templanza que no es común, a pesar de ser practicada por un gran profesor de esta casa de estudios: Lorenzo Raimundo Parodi. En efecto, el fue modesto, cuidó su porte, se estimó a sí mismo, fue honesto a carta cabal, en fin, fue recatado en los dichos y en los hechos. El sí, tuvo presente a Sócrates y supo de la importancia de la biblioteca, circunstancia que expresa con mayor claridad que Arata, demostrando que el tiempo no transcurre en vano. Parodi diría: "El título no es otra cosa que la llave de la biblioteca" y nos señala el camino de la superación y actualización.

La lectura tiene una enorme influencia en la formación profesional y Par Lagervich en su novela "El enano", manifiesta: un enano montado sobre los hombros de un gigante ve más lejos que el gigante. Leer esto y buscar al gigante fue todo uno y, pronto me decidí, toda vez que la rápida búsqueda me demostró lo difícil que sería encontrar uno más alto y siempre dispuesto a soportarme: "la biblioteca". Mi gigante de todos los días.

El método científico, brilló por su ausencia, sólo supe que desde Aristóteles y por mucho tiempo, fue bastante común, por ejemplo, la enunciación de problemas, la formulación de hipótesis y teorías, pero que los griegos no alcanzaron a adoptar la idea de la prueba de hipótesis y teorías, por medio del diseño y la realización de experimentos críticos en el mundo real físico. En consecuencia, faltaba algo más: las etapas de percepción de errores y de cambios adaptativos en cada uno de los pasos y de las conexiones.

Como todos sabemos, el resultado fue una abundancia de teorías no verificadas, no sometidas a prueba. Faltaba la respuesta adaptativa y autocorrectora frente al mundo real. Por dicha razón, el progreso en conocimientos útiles fue lento.

Luego de esta etapa lejana, los investigadores agropecuarios ya por más de cuatroscientos años están desarrollando el método científico con el fin de obtener conocimientos y comprender el mundo físico, la naturaleza.

La tarea es a veces analítica, en el sentido de que sistemas materiales microscópicos son examinados en niveles de estructura más microscópica.

No obstante, el trabajo, es asimismo, de síntesis, de síntesis de ideas de una filosofía natural, de un sistema organizado de conocimientos que nos permiten comprender la naturaleza. Aparecen entonces los sistemas para entender y diseñar sistemas tecnológicos de todo tipo y tamaño. Pero, paralelamente, en el plano científico superior aparece el pensamiento de Einstein, para quien conocer científicamente es percibir un orden que haga posible la predicción. Y en esto se sigue la tradición clásica, para la cual un conocimiento no predictivo tiene un valor científico limitado. A esa postura se uniría Stephen W. Hawking, hasta chocar con la realidad que le mostraría que la ciencia como predicción, a veces aparece como ciencia la probabilidad estadística y esto lo enfrenta con la realidad imprevisible. La modestia cobra, en consecuencia gran dimensión y el pensamiento Socrático, desde el pasado vuelve a iluminarnos, o acaso no sabemos que vivimos en una caverna y tomamos las sombras por la realidad.

La ciencia se encamina hacia la tecnología. El conocimiento puro no es suficiente. Los "capitalistas" de la ciencia entienden que ese conocimiento puro es completo cuando culmina en la aplicación y se transforma en utilidad social. Y aquí termina o se transforma el pensamiento de Einstein. El exalta a los hombres que se dedican a la ciencia por la ciencia misma y exalta a Planck como arquetipo del científico, admite así que un bosque jamás podría crecer si sólo se compusiera de enredaderas, pero como lo contrario también es cierto, acepta que haya científicos en el "templo de la Ciencia", que ingresen sólo para desplegar sus talentos particulares o que penetren en el templo para ofrendar su masa cerebral, con la esperanza de asegurarse un buen pago.

Y es entonces que nos preguntamos: ¿Conocía Ananda Chacrabarty el pensamiento de Einstein? Pudo conocerlo o no, pero él optó por lo práctico y lo remunerativo. Cambió todas las reglas de juego en ecología y sociología. Inventó organismos nuevos y los introdujo en

ecosistemas naturales, luego de forzar a la ley a proteger la propiedad intelectual de cada nuevo "organismo" de laboratorio.

Ananda Chacrabarty es el responsable directo de buena parte de la realidad industrial, económica, jurídica, ambiental y social del siglo en cierne.

Es entonces que aparece, la biología en toda su gran dimensión. Se abre paso por su sola presencia como ciencia de vanguardia, luego de lo hecho con el ADN que le permite a Chacrabarty erigirse en el científico-tecnólogo, árbitro de otro tipo de capitalismo, o del ahondamiento del ya existente.

Como lógica consecuencia, la ecología, una disciplina derivada de la biología, gana terreno y se "adentra" en el conocimiento agronómico. Los mismos que la balbucearon, alcanzaron a verla despegar con fuerza, digamos Lorenzo Raimundo Parodi, hecho que no lo sorprende hacia el fin de su vida, toda vez que él, lo preanunciaba.

Luego, como todos aspiramos al desarrollo, pero no todos queremos el mismo desarrollo, lo cual es lógico, toda vez que el desarrollo tiene varias dimensiones, destaquemos que unos y otros quieren seguir utilizando el medio ambiente y gozar de él. Pero para que esto acontezca, es preciso saber a ciencia cierta qué hacer para protegerlo sin sacrificar el desarrollo. He aquí el gran desafío que se les presenta a los técnicos y en especial a las universidad en sus distintas facultades y a los institutos oficiales y privados, sobre todo a los relacionados con las ciencias agrarias, y con todas aquellas disciplinas que se traslapan con la biología y con la economía.

Debemos en este sentido optar como lo propone Mario Bunge "entre ir adelante y arriba, en lugar de seguir marchando adelante y abajo. Para lo cual la alternativa racional y práctica es el ecologismo científico técnico. Esto puede resumirse en una frase: Reemplazar la explotación desenfrenada de la naturaleza por su administración científica en beneficio de todos los seres vivos. En otras palabras," dice Mario Bunge, "en lugar del laissez faire la nature, que propugnan los ecologistas románticos, debiéramos diseñar una política intervencionista, pero a la vez muy cauta, cuya meta fuese la preservación de la biósfera y, con ella, nuestra propia supervivencia".

Pero para que ello ocurra, para acabar con la delincuencia ecológica, es preciso contemplar la política ecológica con una política social.

Tremendo desafío, pues ello implica para los argentinos, orden, organización en todos los niveles nacionales y provinciales, para lo cual hay que remontar una empinada cuesta, la cuesta que nos presenta la triste realidad. Y esa realidad emerge del fallo de un camarista, integrante de la Cámara Federal de Apelaciones, con motivo de la caída de un helicóptero en la provincia de Buenos Aires. Dice el universitario, Dr. Leopoldo Jorge Schiffrin al votar: "la débil preocupación, la falta de angustia por los temas de seguridad en nuestro medio", e indica que "nos encontramos frente a problemas genéricos de psicología social que caracterizan la vida argentina, signada por la irresponsabilidad colectiva e individual, el desinterés por la preocupación y por la prevención de daños, el exceso de confianza, la ignorancia satisfecha, la incapacidad para la acción profundamente ordenada y para la organización de los detalles, en una palabra, las modalidades de nuestro subdesarrollo, que no han hecho de remediarse eligiendo alguna víctima propiciatoria, sino por la acción de los dirigentes, obligados a proponer e impulsar el necesario cambio de mentalidad, la reforma intelectual y moral que esta sociedad se encuentra emplazada a realizar".

El fallo del juez Shiffrin, refleja una realidad que por tener todos que vivirla nos exime de mayores comentarios. Pero, para los universitarios, para los jóvenes, hago hincapié en su frase "la ignorancia satisfecha", que sería imperdonable en un universitario y digo esto por todo lo manifestado hasta el presente.

Estamos ante una vorágine, estamos ante la aceleración de la historia, la contemplamos. La novedad científica o tecnológica de hoy, mañana será pasado remoto. ¿Qué hacer para incorporarnos al proceso y convertirnos en actores bien intencionados?.

No queda otro camino, tenemos que aprender a pensar por nosotros mismos. Tenemos que ser libres, como lo propone René Juan Trossero, quien nos advierte que no es fácil pero nos asegura

que no es imposible, Se necesita sí valor y mirada alerta, para descubrir, incluso, a los hombres que brillan siempre, como la luna, con luz prestada. Cuando se piensa por uno mismo, se brilla como la luciérnaga, de vez en cuando, pero con la seguridad de que al hacerlo estamos iluminando a otros, Y, ahora, el peligro ecológico. Cuando la luciérnaga brilla delata su presencia y puede ser devorada por sus predadores. Así le puede suceder al hombre que se anima a expresar en alta voz su propio pensamiento. ¡Valor, señores! Recuerdo a Juan Valera, toda vez que él sostenía que la libertad no existe, porque el hombre es pri...nero de sus propias ideas. Sin embargo, a mí me parece que se puede ser prisionero en una "cárcel del pueblo", en el mundo o en el universo. Hay para ello solamente que alimentar nuestra magistral computadora: nuestro cerebro. Si lo hacemos, seremos libres, si nos quedamos nos "rayaremos", seremos como el disco rayado, disco en el cual la púa pasa siempre por el mismo surco, y nos hace correr para detenerlo, o nos hace abandonar al rayado porque sus dichos ya los conocemos de memoria y no lo soportamos más.

En consecuencia, pensamos que nuestra postura frente a la vida es trascendente, toda vez que la dependencia económica es una consecuencia de la dependencia intelectual. En realidad, la libertad, es decir, la capacidad de desarrollar conceptos sin o con poca influencia de lo conocido, en otras palabras, el desarrollo de nuestra capacidad creativa, debería ser impulsada y protegida durante el proceso educativo primario, secundario y universitario.

Luego, el universitario sabe, o debería saber, además, que en período de cambios continuos, son imprescindibles continuos reaprendizajes.

Por fortuna, nacen los programas de postgraduación, por fortuna se producen innovaciones tecnológicas institucionales.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), organismo de investigación y de transferencia tecnológica, no es una isla, las universidades tampoco. El INTA para supervivir depende de las innovaciones que periódicamente aplica para acomodarse a las exigencias cambiantes del ecodesarrollo, lo hace "per se" y en emprendimientos comunes con facultades, empresas privadas, gobiernos provinciales, etc. Por eso supervive, toda vez que la innovación no es otra cosa que la renovación del sistema operativo y conceptual en que se mueve, y en su acomodamiento a los nuevos objetivos que le impone ese proceso "voraginoso" de que hablamos. Pero lo hace con cautela, porque innovar significa, asimismo, mejorar lo antiguo, lo existente, y mejorar la capacidad de desarrollar nuevas capacidades en personas y en sus organizaciones. Claro que todo esto se hará bien si se supera, teniéndola en cuenta la cultura del subdesarrollo en que vivimos, ¡Tremendo desafío!.

Sí, porque será imprescindible superar los hechos de la vida cotidiana, que por ser los que vivimos todos los días se nos aparecen como lo natural y los aceptamos como verdades indiscutibles. Pero, ahí debe salir el universitario al cruce y preguntarse: ¿por qué así, y no de otra manera?.

Nosotros, los universitarios argentinos, se presupone, a mi me parece, que somos los más indicados para guiar al país por rumbos más seguros, en tanto y en cuanto vivamos y luchemos por mejorarlo, cada uno desde su esfera de trabajo.

Es bien cierto, que si elegimos una carrera, la de agronomía por ejemplo, habrá sido por vocación, para desarrollar nuestra capacidad creativa, para perseverar en la disciplina elegida, para permanecer en ella, para dedicarle todo nuestro esfuerzo, para así estructurar nuestro conocimiento y adquirir maestría y seguridad, pero además, debemos hacer nuestra labor con animación, con entusiasmo, toda vez que ese estado de ánimo hace a la diferencia entre el triunfo y el fracaso. Frente a la vida, como profesionales, seamos modestos, no olvidemos jamás los principios socráticos, a los que hice referencia, que demuestran ser inmutables, no olvidemos las enseñanzas de Montaigne, ni las de Adler, tengamos el valor de pensar por nosotros mismos, recordemos la necesidad de actualizarnos, de seguir constantes reaprendizajes, incluso para preservar nuestra salud mental, para no "rayarnos".

Y, ahora, para terminar, y siendo pertinentes estos dos últimos "bocadillos", les digo:

1. Un chiste, una broma, una verdad de a puños. Cuando visité no hace mucho por enésima vez la Universidad Nacional del Sur, un gran cartel lucía las filas de la Universidad: U.N.S., mi amigo y condiscípulo, el Ing. Osvaldo Fernández, profesor de Ecología en esa casa de estudios, me preguntó, señalándome la sigla, si sabía el significado de la misma. Como presupuse la broma, negué conocerlo.

Osvaldo me dijo: "Quiere decir, *Uno, Nunca, Sabe*". Nos reímos de buen grado, pero no dejé de pensar que detrás de la risa se ocultaba la verdad socrática.

2. Una poesía, tremendamente pertinente, es de René Juan Trossero, en ella en forma fluída nos demuestra las ventajas del pensar por uno mismo:

Cuando batas libremente
las alas de tu propio pensamiento,
como el pájaro que abandona el nido
sentirás el vértigo de las alturas,
y estarás ganando el espacio
para vivir en libertad.

Palabras pronunciadas en la Facultad de Agronomía, UBA, pabellón de Dasonomía, el 24 de octubre de 1989, a las 16 horas.

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (47-57)

EXPOSICION
PERSONALIDAD DEL DR. VAROTTO
PRÊMIO SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA EN TECNOLOGIA

Vice Almirante Carlos Castro Madero

Nada podría haber sido más grato para mí que haber sido designado para destacar a personalidad de Dr. Varotto con motivo de haber sido seleccionado por unanimidad para recibir el Premio de la Sociedad Çientífica Argentina para el quinquenio 1980/1984 en el campo de las ciencias aplicadas y tecnología.

C onozco al Dr. Varotto desde que éramos estudiantes en el Instituto José Antonio Balseiro. Me une a él una gran amistad. Pero sobre ella, guardo por el Dr. Varotto un gran respeto intelectual y una gran admiración por sus múltiples capacidades profesionales, su fina sensibilidad social, su absoluto desinterés por lo material, su tesonera voluntad que no reconoce claudicaciones, su capacidad de trabajo sin límites, su extraordinaria atención distribuida, que le permite atender simultáneamente problemas de naturaleza distinta, con dominio y profundidad en todos ellos, su afabilidad, su cortesía, su espíritu siempre optimista, su enfoque constructivo para analizar las actitudes y puntos de vista de los demás, su profundo sentido de responsabilidad, que va más allá del cumplimiento de sus obligaciones y que abarca la suerte y destino de sus subordinados, su conducta ejemplar como padre, como marido y como amigo.

Yo sé que con esta somera mención de las características más salientes de su personalidad, lo estoy poniendo en una situación embarazosa pues, como todos los grandes hombres, la humildad es una de sus virtudes más salientes.

Yo creo que el que me escucha debe pensar que el Dr. Varotto está desaprovechado como gerente ejecutivo de INVAP. Y yo coincido. Creo que él está capacitado para asumir mayores responsabilidades, sin por ello menoscabar la importancia de la tarea que está realizando con tanto éxito.

Me lo está demostrando en muchas oportunidades por sus juiciosos enfoques sobre los grandes problemas nacionales y las creativas soluciones que elabora.

Después de esta introducción, recorramos brevemente lo que ha sido su actuación profesional, que ha sido la base para concederle el premio.

Se recibió de Licenciado en Física en el Instituto Balseiro en 1962, y de Dr. en Física en 1968. Desde 1963 hasta 1967 desarrolló sus actividades en el Centro Atómico de Bariloche, compartiendo responsabilidades docentes en el Instituto Balseiro, con actividades de investigación básica en temas vinculados con teoría de alcaciones, difusión en metales y transformaciones de fase.

Como docente alcanzó el grado de Profesor Asociado. Como investigador publicó varios trabajos en revistas internacionales con referato.

En Febrero de 1968 viajó a los EEUU para realizar trabajos de investigación en la Universidad de Stanford, California.

A su regreso, con la experiencia de haber vivido en un país altamente desarrollado, comprendió que lo que la Argentina necesitaba con urgencia era contar con capacidad para generar innovaciones tecnológicas. Con esa idea se dedicó a las ciencias aplicadas.

Su idea encontró una franca respuesta en el Director del Centro Atómico Bariloche, el Dr. Hugo J. Erramuspe, quién creó el Programa de "Investigación Aplicada", y por supuesto, a cargo del mismo se lo nombró a nuestro homenajeado. Hasta ese entonces, (Abril de 1972), el Centro Atómico Bariloche estaba dedicado exclusivamente a la investigación básica. Las actividades del nuevo programa se concentraron en termodinámica de materiales nucleares, cerámicas electrónicas, implantación de iones y sistemas de detección.

Rápidamente tomó contacto con la industria patagónica para interiorizarse de sus posibles necesidades de investigación. Como corolario de esa acción asumió la responsabilidad de realizar varios desarrollos tecnológicos con destino a varias empresas.

El ámbito de su actividad se fue expandiendo, y en pocos años comprendió que el programa de "Investigación Aplicada" era insuficiente e inadecuado para dar respuesta a los requerimientos tecnológicos que planteaba la industria y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

La solución pasaba por la constitución de una empresa de tecnología. Recuerdo muy bien cuando, pocos meses después de haberme hecho cargo de la Presidencia de la CNEA, el Dr. Varotto me propuso la creación de INVAP S.E., en una asociación de la CNEA con la Provincia de Río Negro. Comprendí que la idea no podía ser mejor, ya que nos encontrábamos lanzados, con varios proyectos apuntando a lograr el dominio del ciclo de combustible nuclear. Esta sociedad sería un valioso brazo ejecutor del programa nuclear por flexibilidad operativa, que brindaría el marco jurídico de una Sociedad del Estado, con respecto a la que ofrece la administración central. Ello era invalorable, teniendo en cuentas las peculiares modalidades de las actividades de investigación, desarrollo y producción y aplicación comercial intríseeas del proceso de generación de tecnología.

Así nació la primera empresa argentina de tecnología, gerenciada por el Dr. Varotto, acompañado por un conjunto de hombres y mujeres de primer nivel, con gran amor a su patria, y dispuestos a dar todo de sí mismo, para responder al gran desafío. Por supuesto que el acierto de la elección de sus colaboradores, fue obra de su conductor. La idea había sido acogida con gran beneplácito por la Provincia de Río Negro, ya que INVAP permitiría la utilización de recursos humanos y empresas de la Provincia.

Su fina sensibilidad social se exteriorizó al impulsar que la empresa en sus relaciones con el personal adoptara el criterio de justicia participativa, lo cual constituye un paso hacia adelante del clásico criterio de justicia distributiva.

La primera tarea importante asignada a INVAP fue el desarrollo del proceso para producir esponja de Zirconio, todo un desafío. La tecnología estaba en poder de sólo dos empresas en el mundo occidental, las que no estaban dispuestas a cederla a ningún precio.

La tarea se inició aproximadamente de 1977. En Enero de 1978 se inauguraba en el Centro Atómico Bariloche, la planta Piloto de Esponja de Zirconio, dando así el país un paso importante para alcanzar el objetivo perseguido de lograr el dominio del ciclo de combustibles nucleares.

Con este desarrollo, la CNEA pudo contar con la tecnología de obtención de la materia prima para fabricar las vainas de los elementos combustibles, tecnología que se estaba desarrollando en el Centro Atómico Ezeiza.

A ese éxito inicial, le siguieron otros. Cada vez más los distintos proyectos que se desarrollaban en la CNEA, requerían la participación del Dr. Varotto con su empresa INVAP.

Sería largo mencionar todas sus contribuciones. Baste señalar que en conjunto con equipos especializados de la CNEA, desarrolló el equipamiento para la fabricación del combustible de la Central Nuclear de Embalse, que incluso dio origen a exportaciones a otros países. Desarrolló y construyó el reactor de investigación y docencia para la carrera de Ingeniería Nuclear en el Centro

Atómico Bariloche. Construyó un reactor similar a ése en la República de Argelia, y tiene en avanzado estado de desarrollo un reactor de pequeña potencia (CAREM), que puede ser una buena solución para los problemas energéticos de los países en vías de desarrollo, y un producto de exportación de alto valor agregado.

En el campo no nuclear, desarrolló un robot para pruebas de calidad de máquina de lavar, que exportó a una fábrica norteamericana que produce del orden de 1.000.000 de máquinas por año.

Esa exportación dio origen a la creación de una filial de INVAP de los Estados Unidos, llamada "Black River".

No quiero extenderme en demasía sobre los logros del Dr. Varotto como Gerente General de INVAP, pero sí quiero explayarme en el desarrollo más espectacular que se hizo en la Argentina, en toda su historia, y que tuvo a Varotto y a sus valiosos equipos como protagonistas. Ese fue el desarrollo del enriquecimiento de uranio.

A mediados de 1978, como consecuencia de las nuevas políticas llamadas de No Proliferación, el Gobierno de los Estados Unidos suspendió el suministro de uranio enriquecido. Nos encontramos frente a una situación muy difícil, pues ese material era necesario para alimentar el reactor de producción de radioisótopos, que eran principalmente utilizados en aplicaciones de medicina nuclear. La CNEA abastecía casi el 90 % del mercado local.

La primera solución fue buscar un proveedor alternativo. Encontramos una buena respuesta en la URSS, pero sabíamos que no era una solución permanente, pues la URSS también pertenecía, al igual que los EEUU, al club de suministradores de tecnología nuclear, una nueva organización de países cuyo objetivo era restringir las transferencias de tecnología, y evitar que nuevos países accedieran a las tecnologías llamadas sensitivas, una de las cuales es el enriquecimiento de uranio.

La solución integral pasaba por un desarrollo propio, al igual de lo que se había adoptado para fabricar los elementos combustibles, las vainas para el combustible, el reprocesamiento y la producción de agua pesada.

Pero en este caso el objetivo era mucho más difícil por el cúmulo de problemas tecnológicos que había que resolver, y por no contar con información, por tratarse de la única tecnología que se había mantenido en secreto en el mundo. INVAP era la única que podría acometer ese desafío con probabilidades de éxito.

Primeramente se analizó cúal de las tecnologías utilizadas en el mundo: ultracentrifugación o difusión gaseosa, estaba más al alcance de nuestra capacidad y de nuestra industria. Elegimos la difusión gaseosa.

El proyecto debía resolver todo tipo de problemas técnicos. La lista de los mismos es algo extensa, pero me voy a permitir detallar lo más importante pues es lo que más impresionó al jurado.

El equipo conducido por nuestro laureado, debió desarrollar:

- Sellos de alta estanqueidad para confinar gases corrosivos,
- Compresores centrífugos para gases corrosivos,
- Caudalímetros de turbina,
- Sensores especiales para gases corrosivos y temperaturas elevadas.
- Procesadores lógicos inteligentes.
- Tratamientos superficiales para gases corrosivos
- Técnicas de vacío para sistemas de cientos de componentes y de cientos de metros de cañerías, incluyendo técnicas especiales de detección,
- Válvulas especiales de detección.
- Espectrómetro de masa.
- Contenedores para almacenamiento y transporte de materiales radioactivos y corrosivos,

- Aceites superlubricantes halocarbonados,
- Materiales de porosidad controlada,
- Plantas de óxidos hidratados,
- Plantas de pasivados químicos.
- Química analítica de halógenos y sus derivados,
- Reactores de lecho fluidizado para gases altamente corrosivos.
- Reactores de llama para gases y sólidos tóxicos y corrosivos,
- Celdas electrolíticas para la producción de Flúor
- Vaporizadores de ácido fluorhídrico
- Condensadores-sublimadores de hexafluoruro de Uranio,
- Sistemas de tratamientos de efluentes para sustancias radioactivas y tóxicas.
- Trampas químicas para gases tóxicos y radioactivos;
- Tanques criogénicos.
- Manómetros para gases corrosivos.
- Termodiodos para sistemas de alta corrosión,
- Sistemas separativos para gases de distinto peso molecular,
- Modelos matemáticos del proceso en particular,
- Modelos dinámicos.
- Y una compleja ingeniería de interconexión de numerosas unidades.

Todas estas actividades debieron ser realizadas en el mayor secreto, condición que se le impuso al proyecto, y que fue mérito adicional por las dificultades que agregó en la organización y coordinación del proyecto.

La razón para mantener el secreto era muy importante. Las nuevas políticas de No Proliferación se oponían a la construcción de plantas de enriquecimiento en países fuera de la "elite" nuclear.

Uno de las adalides de esas políticas era el Gobierno de Canadá. En esos momentos estaba en construcción la Central de Embalse con la asistencia de la empresa de la corona AECL. Era muy probable que los EEUU y Canadá nos trataran de disuadir con la amenaza de suspender los suministros para la central en la cual el país había hecho una gran inversión en tiempo y dinero.

Al tomar la decisión de mantener el secreto, tomábamos un gran riesgo, pues en caso que el proyecto fuese detectado, tendría repercusiones internacionales muy desfavorables. Sería muy difícil persuadir a los que siempre pensaron que la Argentina estaba en pos de desarrollar un explosivo nuclear, que el Proyecto no era otra cosa que la confirmación de esas sospechas.

En Noviembre de 1983, pude con todo orgullo hacer el anuncio que se había logrado la tecnología del enriquecimiento del uranio. Por los problemas tecnológicos que hubo que superar, creo no equivocarme cuando digo que ha sido el desarrollo tecnológico más importante realizado en la Argentina.

Con este desarrollo, la Argentina pasó a integrar un grupo muy selecto de países que pueden enriquecer uranio con positivas implicancias en nuestra política exterior.

Ello permitió alcanzar una efectiva independencia en el ciclo de combustible nuclear con proyecciones en nuestro comercio exterior de tecnología nuclear, ya que fortalece nuestras posibilidades de exportar reactores de investigación y producción de radioisótopos, cuyo núcleo por razones técnicas y económicas es de uranio enriquecido.

Otro éxito adicional, bastante inusual en nuestro país, fue haber podido mantener el secreto a lo largo de los 5 años que demandó el proyecto.

Por todo lo expresado, creo que es muy justo el haber seleccionado al Dr. Varotto entre varias

distinguidas personalidades en el campo de la tecnología para el premio que recibe hoy. La Sociedad Científica Argentina repara así lo que entiendo ha sido una falta de reconocimiento que el país le debía al Dr. Varotto y a sus colaboradores. Y digo que existía una deuda, porque el gobierno que se hizo cargo un mes después del anuncio, nunca comprendió la magnitud y trascendencia del logro obtenido. A través de su vocero especializado, se limitó a señalar que "el éxito alcanzado era una cosa normal en toda la investigación que se emprende".

Antes de finalizar, creo un deber reconocer los méritos de Inés quien como nadie lo ha sabido acompañar y colaborar. Una vez más se cumple aquello de que detrás de un gran hombre hay siempre una gran mujer. Ella es acreedora a los éxitos de su marido, entre los cuales no podemos olvidar a sus tres hijos, Hugo, María Cecilia y María Alejandra, que ya muestran las salientes condiciones de sus papás.

Señoras y señores, pido disculpas si he sido un poco extenso en esta presentación. Yo tengo la convicción que la he resumido demasiado.

Quiero transmitir al Dr. Varotto y su señora mis más cálidas felicitaciones por tan merecido reconocimiento.

Sociedad Científica Argentina, Julio 26 de 1990.

EXPOSICION *

Autoridades de la Sociedad Científica Argentina, Autoridades presentes, Señoras y Señores,

En toda oportunidad en que se plantea un reconocimiento acádemico o equivalente, este está centrado en una persona y su labor.

En esta oportunidad, consideramos este acto como un reconocimiento a una tarea, como es la gestión tecnológica, a un grupo humano como es el que participara en el desarrollo del proceso de enriquecimiento de Uranio, y una actividad como es la Nuclear. Es realmente de destacar la decisión de la Sociedad Científica Argentina de dar un reconocimiento a la gestión tecnológica, ya que no es otro el mérito que este homenajeado puede mostrar. El haber tenido el honor y la satisfacción de coordinar y orientar a un grupo humano sensacional, que realizando tareas de equipo, aceptando cada uno lo que le tocaba, sacrificando preferencnias personales en cuanto a tarea profesional, trabajó para obtener un resultado que muestra claramente que, en el desarrollo tecnológico, no hay nombres puntuales, hay equipo. Y es también un reconocimiento a una actividad, como es la Nuclear, que podemos decir que merece ese reconocimiento no sólo por la actividad misma y por su efecto multiplicador, sino como un ejemplo de que en nuestra Argentina, cuando hay claridad de objetivos y continuidad de acción, los resultados son medibles.

En este sentido, vamos a leer unos párrafos de una carta [del Dr. Carlos Aráoz] que recibimos en oportunidad del anuncio que sobre el logro de la tecnología del Enriquecimiento de Uranio, tuviera lugar en Noviembre de 1983. Esta carta luego de hacer referencia a los esfuerzos por la fabricación local de combustibles nucleares en Argentina, dice: "Sábato me pidió entonces que veamos la posibilidad de ir más lejos, o sea si era posible en el mediano o largo plazo partir de uranio natural y enriquecerlo" y un poco más adelante la carta dice "le manifesté ... (a Sábato)... que si bien podríamos manejar la conversión del UF_6, entrar en difusión gaseosa era otro nivel de problema... Le informé que el tema estaba totalmente fuera de nuestras posibilidades por la magnitud tanto del esfuerzo tecnológico como de las inversiones. Con el pasar de los años cada

* Nota: lo comprendido entre ( ) fue agregado durante la exposición oral, lo comprendido entre [ ] fue suprimido en la misma.

tanto surgía en nuestras conversaciones el tema del enriquecimiento como uno de los hitos deseados dentro del desarrollo nuclear de nuestro país pero imposibles de lograr. Sábato no llegó a conocer el éxito... por fallecer antes del anuncio– los que hemos conservado estrecho contacto con él luego de su alejamiento de C.N.E.A. , podemos imaginar la enorme satisfacción que le hubiera causado saber que el país cuenta con un logro de esa magnitud".

Otras notas y cables llegaron, de diferentes orígenes, con felicitaciones al respecto. Esas felicitaciones se vieron algo perturbadas por la confusión que causó en algunos ánimos, ya que no acababan de comprender el porqué de la máxima reserva con que se había desarrollado el proyecto.

Y sin embargo esa reserva fue considerada entonces como una condición imprescindible para que el proyecto pudiera ser llevado a cabo. Pero el texto de la nota que leímos es demostrativo y el proyecto pudo desarrollarse porque el entonces Presidente de la CNEA, el Almirante C. Castro Madero, consideró la necesidad de la reserva, la impuso, y junto con el Director de investigaciones y Desarrollo, Dr. H. J. Erramuspe, asumieron una responsabilidad que hizo honor a la tradición de la CNEA. Los que los precedieron y los que los sucedieron se han movido en la misma línea. A ellos debemos agregar los malabarismos que para la disponibilidad de fondos debieron hacer el Dr. Terigi, el Cap. Marrero, el Dr. Radicella y el Dr. Beninson.

En todo momento de su desarrollo la actividad nuclear en Argentina amoldó sus metas a los límites de su propia capacidad, sin que el clásico "colonialismo mental" afectara las decisiones. Este tipo de comportamiento se ha mostrado al día de hoy con la propia reparación de la Central de Atucha.

Es por ello que a partir de esas cabezas hoy sentimos que se está teniendo un reconocimiento a todas las personas abocadas a la actividad nuclear, y en particular a ese grupo que, algunos –muy pocos– con conocimiento total del objetivo final y otros sólo con conocimiento parcial, empañaron toda su capacidad en mostrar una vez más lo que la materia gris argentina es capaz de realizar, cuando el objetivo es claro, y la condiciones iniciales y de contorno están establecidas.

Sin ser extensivos, no podemos dejar de mencionar a: H. Agueda, H. Albani, C. B. Amaya, J. Astigueta, M. E. Astigueta, M. A., Audero, H. Brendstrup, O. Cristallini, E. D´Amato, D. Esparza, A. Furman, O. Ignazi, H. Osuna, G. E. Otheguy, E. SAntos, M. I. Suárez, P. Tognetti, D. Vasallo.

El desarrollo que mencionábamos es a su vez claramente demostrativo del efecto multiplicador que la actividad nuclear tiene en el desarrollo tecnológico. En efecto, una rápida reseña de tecnologías que se desarrollaron ex-profeso es demostrativa del efecto multiplicador que un desarrollo de este tipo tiene en muchas otras actividades.

Desde un principio hubo que enfrentar muchas dificultades, cuya solución implicaba desarrollos tecnológicos y que iban creciendo a medida que avanzaba el proyecto.

Y en cada momento estas dificultades ponían a prueba nuestra "tozudez" y capacidad para seguir adelante.

Fue realmente un proceso en el que aprendimos a resolver problemas de lo más variados a medida que se presentaban, ya que en todo momento nos pusimos una meta clara: debíamos mostrar la factibilidad del proyecto en un período corto; no superior a los dos años.

Fue así que este proyecto que comenzó hacia fines de 1978, tenía a mediados del 80 una respuesta: positivamente podíamos producir el compuesto de uranio requerido, fabricar las membranas y medir separación. Luego vino la etapa demostrativa, que en en escala superior permitió efectuar el anuncio a fines de1983.

Cuando miramos restropectivamente lo que se hizo durante esos cinco años, los sacrificios personales involucrados, sólo podemos decir: "qué equipo humano maravilloso", cuanto puede hacerse si existe una motivación adecuada, aún a sabiendas de que no necesariamente se traduciría en beneficios personales o en reconocimiento público.

Una simple recorrida a los diferentes desarrollos que hubo que encarar, es demostrativo de ello. (El Almirante Castro Madero los ha mencionado, por lo que no vamos a explayarnos.)

[– Procesos de fabricación de UF_6, que implica manejar la tecnología del flúor, para lo cual se diseñó y contruyeron todos los reactores y celdas.
– Desarrollo de los materiales adecuados para las membranas, y sus procesos de fabricación así como el desarrollo de métodos de caracterización y control de calidad asociados.
– Desarrollo de métodos de tratamiento superficial, como consecuencia del carácter agresivo de muchos de los productos involucrados, tanto primarios como secundarios.
– Desarrollo de elastómetros especiales.
– Desarrollo de sensores ad hoc, a fin de medir las variables del proceso, necesarios para el control.
– Desarrollo de sistemas de adquisición de datos y de control adecuados al proceso.
– Válvulas especiales de diferentes tipos, apropiadas al proceso.
– Desarrollo de compresores de difentes características, adecuados a una planta que debía ser versátil en cuanto a su producción y nivel de enriquecimiento.
– Desarrollo de sellos de direntes tipos, tanto dinámicos, como estáticos.
– Desarrollo de modelos matemáticos que fueron no sólo una ayuda al diseño sino reales modelos dinámicos que permitieron optimizar el proceso.
– Desarrollo de sistemas de purificación, carga y descarga de los diferentes compuestos involucrados.
– Se desarrollaron métodos que permitieron resolver las dificultades inherentes a la reactividad de los compuestos involucrados.]

[– Se desarrollaron procedimientos analíticos, adecuados a los análisis de composición química e isotópica requeridos.
– En algunos casos, la falta de equipamiento adecuado, motivo de la reserva y del corto tiempo, nos obligó a soluciones no ortodoxas, cuya única garantía era el alto nivel profesional de los responsables de implementarlos.
– Hubo que desarrollar métodos que aseguraran la mayor estanqueidad en instalaciones con miles de conexiones, con partes móviles y procedimientos para ubicar pérdidas en tiempo razonables.
– Desarrollo de lubricantes fluorados de alta estabilidad y seguridad.
Estos son algunos de los campos en que debimos incursionar.]

(Debemos agregar que) debimos desarrollar sobre la marcha rigurosos sistemas de seguridad para evitar accidentes. Y tuvimos durante todo ese tiempo un éxito notable, ya que sólo hubo algunos accidentes sin graves secuelas. Cuando creíamos que éste era un tema que dominábamos, y ya después del anuncio público, tuvimos un accidente grave que nos demostró, en particular al que expone, que nos faltaba conocer algo. Aún hoy tengo sobre mi conciencia el fallecimiento de nuestro querido Silvio Bonazzi.

Como consecuencia de los desarrollos mencionados, y en una clara demostración del factor multiplicador de la actividad nuclear, hemos podido incursionar en zonas de la industria convencional, como resultado de la aplicación de varias de las tecnologías desarrolladas:

[– Obtención de soporte de catalizadores.
– Niquelado químico, de aplicación a la industria petrolera.
– Compresores para gas natural.
– Sellos especiales para usos de máquinas rotativas en industria química.
– Diseño y fabricación de reactores de lecho fluidizado y reactores de llama de tanto interés en las industrias químicas y extractivas.
– Obtención de SF_6 y aceites fluorcarbonados.
– Sistemas de adquisición y control de datos para el control de procesos.

- Espectómetros de masa para análisis de gases residuales en líneas de alto vacío.
- Sensores de presión, caudalímetros, rotámetros para medios agresivos.]

Todo ello creemos que es demostrativo de cuán capaz es la materia gris Argentina y de cuán maduro está el país para producir tecnología.

Porque hoy día se acepta que la capacidad de "manejar tecnología", tanto en sus facetas de producción y adquisión no solo es un interés nacional. En todo el país que pretenda ser desarrollado o convertirse en el "interés nacional".

Un pauta clara sobre este aspecto lo da el hecho de que hasta hace poco, las grandes confrontaciones entre potencias se dirimían, o al menos llegaban a un punto de descompresión, mediante el aporte de tecnología y de una importante cuota de sangre. Y sin embargo, puede negarse que la súbita descompresión entre los grandes bloques se debe en gran medida a una situación relacionada a la capacidad tecnológica?. Y esta descompresión es obtenida sin la usualmente correspondiente cuota de sangre. Porque es la capacidad de generar tecnología lo que hace el nexo entre el conocimiento científico y la producción de bienes y servicios. En otras palabras, es la capacidad de generar tecnología lo que pone a disposición del mercado los bienes y servicios que éste requiere esto es, que aporta el valor agregado que finalmente hace al éxito y bienestar de una población. Y por ende no es de extrañar ver países que hayan renunciado a posiciones ideológicas consideradas inconmovibles, si con ello lograban no perder el tren de la revolución tecnológica. Y esa capacidad de generar tecnología, requiere de un elemento esencial, sin el cual no tiene posibilidades: la "disponibilidad en calidad y cantidad de materia gris preparada". Este elemento esencial, la Argentina lo dispone en relativa abundancia y a un nivel de preparación adecuado. Es posible que hayamos cometido muchos errores en otros aspectos de nuestro desenvolvimiento como país, pero en la formación de recursos humanos, aún supliendo la falta de medios con todo tipo de inventiva, hemos conseguido un éxito mensurable.

Es por este motivo que no es admisible tan sólo imaginar que, en particular en el área nuclear, vayamos no sólo a no aplicar, sino a expulsar la materia gris disponible. Y si la falta de recursos no nos permite avanzar en proyectos aún ya avanzados, debemos al menos buscar otros caminos que puedan generar recursos y darnos trabajo. Es por ello que deseamos aprovechar esta oportunidad para presentar algunas reflexiones.

No es nuestra intención recriminación alguna, sino por el contrario, hacer un aporte positivo en el camino del aprovechamiento de nuestro potencial humano, en particular en el área nuclear.

Para ello, observemos qué ha ocurrido y está ocurriendo en el mundo, en particular en los así llamados países desarrollados. Durante mucho tiempo estos países han crecido, sin cuidar mucho del deterioro del medio ambiente. Es así, que su propio desarrollo les está creando problemas que dieron origen a un movimiento de opinión muy importante, donde en su afán de salvar la naturaleza, se han mezclado todo tipo de opiniones técnicas, opiniones políticas, intereses económicos y estado emocionales, que trajeron como resultado que en muchos de estos países la energía nuclear aparezca como algo reprochable. El extremo es la decisión de algunos países, a través de plebiscitos, de desmantelar centrales o de no permitir que su país participe en la exportación de plantas de generación nuclear.

Ahora bien, qué pasa cuando el movimiento ecologista comienza a hacerse menos emocional; cuando los intereses económicos, que en algunos casos indujeron a ciertas posiciones no muy racionales, dejan de tener influencia; cuando la cuestión ecológica comienza a ser tratada científicamente, sin prejuicios previos, entonces los reales alcances de las diferentes fuentes de generación de energía en la modificación del medio ambiente, comienzan a tomar su real dimensión.

Es así que hoy estamos aceptando una premisa básica, una realidad de perogrullo, que precisamente por ser tan evidente, no se la valorizó en su total dimensión:

"Siempre que el hombre modifica la naturaleza, paga un precio". La cuestión es: ¿cuál es el

precio que la humanidad en general y una determinada sociedad en particular están dispuestos a pagar, a fin de contar con energía a costos razonables?

Hace pocos meses se produjo un hecho muy interesante: bajo los auspicios de la Unión de Científicos Preocupados, que durante mucho tiempo se ha opuesto a la energía nuclear, 49 premios Nobel y 700 miembros de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos enviaron al Presidente de dicho país una petición para que a fin de prevenir el riesgo de calentamiento de nuestro planeta, recomienda un mayor uso de fuentes de energía limpias, en particular la energía nuclear, (con ciertos condicionamientos).

Por otra parte, aún no teniendo preocupaciones globales, sino locales, hay países que necesitan resolver problemas de contaminación producidos por los métodos convencionales.

Tomemos un caso simple: las actuales 23 centrales de carbón en Japón, solo por chimeneas emiten 2 millones de toneladas de cenizas al año.

Si tomamos el total de los residuos radiactivos de alta actividad que será necesario administrar, como resultado de la operación de todas las centrales nucleares actualmente funcionando en el mundo, nos dá un volumen de 100.000 metros cúbicos equivalentes a 380.000 toneladas pero por toda su vida util.

Como contrapartida, la emisión en sólo un año de las centrales que queman combustibles fósiles sólo en la comunidad europea, liberan a la atmósfera 18 millones de toneladas de dióxido de azufre, 10 millones de toneladas de dióxido de nitrógeno.

Independientemente de otros efectos que causan en la naturaleza localmente las emisiones mencionadas, se presenta el problema global, al que hacían mención en particular, el petitorio que mencionáramos.

Sólo en 1985, la producción de energía de origen fósil, produjo una emisión de dióxido de carbono con un contenido de carbono de 5700 millones de toneladas. Esa misma cantidad de energía, si hubiese sido de origen nuclear, hubiese dado origen a solo 4700 toneladas de residuos, pero *bajo control* y no liberadas a la atmósfera. Por otra parte, las constantes de tiempo involucradas en procesos de reducción de los excesos de contenido atmosférico de dióxido de carbono, son del mismo orden que los tiempos de decaimiento a los que estábamos acostumbrados con los residuos nucleares.

Este problema del recalentamiento de la atmósfera como resultado de las emanaciones de origen energético, es aceptado hoy día, hasta donde nosotros sabemos, por toda la comunidad científica. Sólo se discute si para el año 2030 el aumento de temperatura promedio será de 1.5 o de 4.5° C.

Pero aún con el menor valor, las consecuencias serán graves. Precisamente, el hecho de que se acepte que la modificación de la naturaleza implica pagar un precio y que también se acepte que las consecuencias de los "residuos" provenientes de la energía de tipo fósil son medibles, que su solución requiere de tiempos equivalentes a los "del decaimiento" natural de los residuos radiactivos, presenta para la Argentina una oportunidad única, si la sabemos aprovechar.

En efecto, mientras sigue en los países desarrollados la polémica en torno de la energía nuclear y las dificultades en modificar la opinión pública respecto de lo que se "les vendió" durante mucho tiempo, se está generando una reacción de esa opinión pública donde se está comenzando a aceptar la energía nuclear como necesaria. *Pero que no me pongan los residuos en el patio de mi casa.* Sin embargo, en nuestra opinión, y en la medida que se vaya reconociendo la mayor conveniencia de la energía nuclear, esta prevención irá desapareciendo. Los programas de tratamiento de residuos en los países desarrollados irán reforzándose, las comunidades van a aceptar que los residuos tienen solución y habremos perdido la posibilidad de hacer un buen negocio.

Nuestra sugerencia es que analicemos este aspecto de la actividad nuclear y veamos si podemos adelantarnos. Les ruego que nos tengan un poco de paciencia y analicemos con detenimiento este aspecto.

La Argentina tiene centrales nucleares, que producen residuos y aún cuando no hay una urgencia inmediata en su tratamiento, sin embargo:

I) esos residuos tenemos que tratarlos.
II) esos residuos tenemos que almacenarlos.

Por otra parte, el desarrollo actual de la tecnología permite asegurar que el almacenamiento en condiciones seguras está garantizado por centenares de años.

Por lo tanto nuestra propuesta consiste en proponernos como objetivo de país dedicar una gran parte de nuestro sistema de ciencia y técnica y del área nuclear al negocio del manejo, tratamiento, almacenamiento y eliminación de los residuos radiactivos de centrales nucleares. Que la Argentina se convierta en un país "desarrollado" en el negocio de la venta de Kw nucleares limpios, sin consecuencias para el usuario.

La imaginación siempre dá para encontrar soluciones "que denominamos" finales, aun cuando su costo podría ser hoy día prohibitivo. Pero la experiencia muestra que los avances tecnológicos son cada vez mayores y más rápidos en cualquier campo. Ya estamos avisorando nuevos métodos para la inducción artificial del decaimiento de núcleos exitados, tengamos además en cuenta que:

Nuestra propuesta nos permitirá:

a) Firmar contratos de largo plazo. Con los anticipos que ello implica se podría disponer de los recursos necesarios para desarrollar nuestro programa. Esto es, efectuar instalaciones de tratamiento, de almacenamiento, de destrucción, etc.

b) El cobro periódico de aranceles, permitirá disponer de fondos adecuados para la prosecución de nuestros programas de desarrollo, lo que permitirá tanto a las generaciones presentes como a las futuras, ir mejorando todo el proceso.

c) Vender quemado de combustible. Ello permitiría, utilizando materia prima local o comprada, procesar y fabricar combustibles, vender el "quemado" de los mismos y el servicio de tratamiento post quemado.

d) A precios diferenciales, y si bien esto puede resultar aún chocante para algunos, tratar material ajeno.

e) Vender Kw, manteniendo no sólo la propiedad del combustible, sino inclusive proveyendo centrales, tanto bajo la figura de venta, leasing, alquileres u otra forma. ¿Qué tipo de centrales? En nuestra opinión, y a través de un socio adecuado, como se está actualmente planteando, esas centrales debieran ser del tipo intrínsecamente seguras. En este sentido, Argentina es pionera en la propuesta de estas centrales, de baja potencia, con la propuesta CAREM. Esta propuesta, que fue efectuada en 1983 en Argentina, fue casi simultánea al PIUS sueco y reúne características que luego fueron también propuestas en otros proyectos, tanto antes, como especialmente después de Chernobyl.

¿Cuáles son las características principales de estos reactores de segunda generación?

– Potencias muchos más bajas que las standard anteriores.
– Usualmente (no siempre) sistemas primarios integrados.
– Evacuación de calor residual por convención natural.
– Coeficientes de reactividad muy negativos.
– Sistemas pasivos de seguridad.
(– Independencia de fuente de energía externa segura).
– Alto grado de automatización de la operación.
– Medidas que aseguran tiempos de construcción en períodos cortos comparados con las centrales (actuales) y (standardización).

Todo esto implica que:

a) Las probabilidades de fusión del núcleo son extremadamente bajas.
b) Energía nuclear competitiva para rango de potencias menores, 10-150 Mw, rango usualmente reservado para minicentrales hidroeléctricas o turbinas a gas o grupos Diesel.

Estamos hablando de un mercado potencial, comprendida la instalación y explotación de centrales nucleares sólo en los países en desarrollo, de 350 mil millones de dólares en los próximos 25 años. Y se trata de países en los cuáles Argentina ya ha generado un importante prestigio tecnológico y en varios de ellos ha llevado o está llevando a cabo importantes proyectos en el área nuclear.

Un programa como el que acabamos de mencionar requeriría de gran parte de los profesionales disponibles, tanto en el área nuclear como en el sistema de ciencia y técnica.

Pero además, se autofinanciaría en un período relativamente breve. Desde ya, por sus implicancias tanto internas como externas, requieren de una dosis de explicación pública y de decisiones de política internacional importantes.

Pero con el alto nivel cultural de la población argentina y con el grado de pragmatismo que hemos mostrado recientemente en las relaciones internacionales, estamos convencidos que Argentina tiene en el campo de la actividad nuclear un porvenir promisorio.

Es por ello que sólo pedimos ser escuchados y no condenados por meros prejuicios.

Gracias.

Dr. Conrado F. Varotto

Exposición efectuada en oportunidad de recibir el Premios de la Sociedad Científica Argentina para el quinquenio 1980-1985 en la especialidad Ciencia Aplicada y Tecnología.

Anales de la Sociedad Científica Argentina, Volumen 220, 1990 (59-82)

DINAMICA DE UNA RED DE AUTOMATAS CELULARES

Ing. Luis F. Rocha

Instituto de Ingeniería Biomédica, Facultad de Ingeniería, UBA, Paseo Colón 850, Buenos Aires

RESUMEN

A partir de la definición de un nuevo tipo de autómata celular se analiza el comportamiento de arreglos uni y bidimensionales. En estos últimos, se puede comprobar que en determinadas situaciones su evolución puede ser caótica y se puede asimilar al del tejido cardíaco constituido por células de Purkinje. El modelo permite estudiar fenómenos de re-entrada y fibrilación ventricular.

ABSTRACT

From the definition of a new kind of cellular automata the behaviour of uni and bidimensional arrays are analized some specific conditions, bidimensional arrays can evolve in a chaotic way and it may be mimicked to the cardiac tissue composed by Purkinje cellulas. The model allows one to study re-entry and ventricular fibrilation phenomena.

INTRODUCCION

Recientemente se ha despertado un creciente interés en el análisis de sistemas constituidos por un gran número de subsistemas iguales entre sí, que reciben por esa causa el nombre de "células" por su similitud con células biológicas.

En el caso que nos ocupa, las células tienen una dinámica propia, que se rige por leyes determinísticas puras o que podrían estar afectadas por factores aleatorios. Por otro lado, estas células interaccionan entre sí, generalmente entre las más cercanas, aunque hay redes de autómatas (tales como las redes neuronales) donde la influencia mutua entre células se extiende independientemente de su cercanía geométrica.

Frecuentemente estos autómatas celulares se hallan en estado estacionario y la excitación de una o varias células en un instante **t** crea un transitorio que se propaga a una velocidad finita en el conjunto de células, de acuerdo a la dinámica de cada una de ellas y de la topología y grado del acoplamiento entre células.

La evolución temporal de ese conjunto puede converger hacia el mismo u otro estado estable,

o puede repetirse en forma periódica dando lugar a ciclos estables o puede degenerar en estados caóticos o presuntamente caóticos con ciclos de período muy largo y frentes de onda desorganizados.

En varias ramas de la ciencia encontramos ejemplos de sistemas que pueden ser modelados como una red de autómatas celulares. Así por ejemplo, los materiales ferromagnéticos pueden ser analizados como un conjunto de dipolos magnéticos (que serán equivalentes a células) que interaccionan entre sí.

Este modelo de dominios magnéticos, fue analizado por Ernesto Ising en 1925 y ha servido como base para desarrollar lo que hoy es conocido como la "Markov Random Fields Theory" o sea la teoría de los campos aleatorios markovianos[1-2].

Otro sistema capaz de ser modelado como una red de autómatas es el constituido por un conjunto de cristales en una solución química. Por efecto de la temperatura ellos varían su posición y resultan choques por efecto del acoplamiento mutuo que cambian la orientación del conjunto[3].

Un bosque puede ser estudiado como un sistema celular donde cada árbol se asimila a un autómata celular que interacciona con sus vecinos a través de elementos comunes, tales como los nutrientes, la radiación solar, la humedad del suelo, y en el caso de un incendio por la temperatura, la cercanía de la combustión, el viento o el tipo de combustible[4].

Un conjunto de osciladores de relajación acoplados entre sí en forma de una malla es también un sistema dinámico similar a los anteriores[5].

Pero donde más claramente se ve la formación de una estructura celular es justamente en los tejidos biológicos. Allí las células interaccionan a través de medios químicos, eléctricos, térmicos, nutricios y oxigenantes, cada uno de ellos con su particular dinámica y grado de acoplamieno[6].

En el caso de células eléctricamente excitables, tales como las nerviosas o cardíacas, lo que varía es el potencial del interior de cada célula y el acoplamiento se hace por vía neuroquímica (en las primeras) y puramente resistiva en las segundas[7-8].

En estos sistemas de células acopladas suelen producirse muy interesantes fenómenos colectivos que pueden simularse y analizarse con modelos matemáticos sobre los que pueden realizarse "experimentos" biológicos muy complicados y aún imposibles de hacer en forma real[9-10].

En este trabajo presentaremos un método de modelización de sistemas asimilables a redes celulares bidimensionales y mostraremos algunos efectos especiales que se pueden simular de su dinámica, muy compleja a veces y que por ello ha resistido a soluciones analíticas. Tal es el caso de la formación de vortices y la iniciación de fenómenos caóticos en el tejido cardíaco.

La organización de este trabajo es la siguiente: se fundamentará el modelo de autómata empleado asociando a una máquina de estados finitos un conjunto de dinámicas parciales para cada estado, se analizarán diversas formas de acoplamiento celular, luego se mostrarán ejemplos de redes uni y bidimensionales, y para finalizar ciertos casos de comportamiento caótico (o al menos irregular).

El autómata celular

El autómata celular que se definirá es una extensión de los autómatas comunes constituidos por máquinas con un número finito de estados, pero donde se va a asociar a cada estado una dinámica particular que evolucionará de acuerdo a cada estado y a posibles entradas. A diferencia de las primeras, tanto las salidas como las entradas son variables continuas y no discretas.

El tiempo puede ser también considerado continuo, pero para la simulación en computadoras es conveniente dividirlo en intervalos iguales T, y representarlo por la variable discreta k.

Sea entonces un autómata con un número finito de estados representado por el quintuplete N=(ES, U, X, Y, F), donde ES={es 1, es2, es3,...un} es el conjunto de **n** estados de la máquina,

U={u1,u2,u3,...un} es el conjunto de n umbrales que determinan la transición de un estado al otro, X={x1,x2,x3,...}es el conjunto (infinito) de vectores de entrada, Y={y1,y2,y3,...}es el conjunto (infinito) de vectores de salida, donde tanto X como Y son funciones que dependen del tiempo k.

F define una relación de flujo en N, representada por un grafo orientado entre los estados E.

Se trata como vemos de una máquina de un número finito de estados que admite variables continuas tanto en su entrada como en su salida y que asocia para cada estado un umbral que determina la transición de un estado a otro.

Podemos ver este nuevo autómata como una máquina de estados finitos con su grafo correspondiente, pero donde los arcos que relacionan esos estados tienen asociada una dinámica particular para cada uno de ellos, y la transición al mismo u otro estado se hace en cada intervalo T luego de realizar una comparación entre una variable de salida y el umbral correspondiente a ese estado, (ver fig. 1).

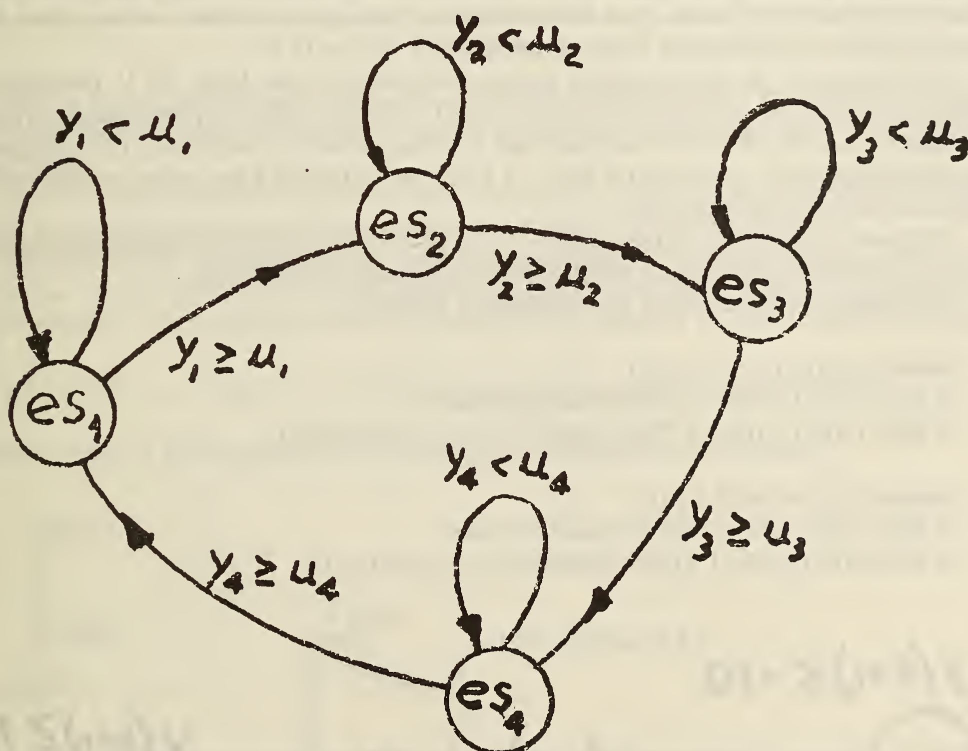


Figura 1

La dinámica del sistema determina la evolución en cada estado. Así, en el instante k+1 la variable de salida yv (k+1) correspondiente al estado v resulta:

yv(k+1)= fv(yv(k), x (k)

donde fv es una función lineal o no lineal de la variable de salida en el intervalo anterior, y de x(k) que es la variable de entrada en el mismo intervalo.

Si se ha producido un cambio a un nuevo estado w, la dinámica puede haber cambiado y resulta:

yw(k+1)= fw(yv(k), x(k))

donde fw es la nueva función que corresponde al estado w.

Luego de hallado el nuevo valor yv(k+1) o yw(k+1) según corresponda, se compara ese valor con el umbral uv o uw asociado al estado v o w respectivamente y se calcula:

SGN (yv(k+1-uv), para el estado v
SGN (yw(k+1)-uw), para el estado w

donde SGN es la función "signo de".

Si el resultado es -1 se retorna al estado en que se encontraba. Si en cambio el resultado es +1 se salta al estado siguiente.

Se demostrará con un ejemplo sencillo la modelización de este tipo de autómata celular.

En el caso que nos ocupa, cada célula será un oscilador monostable, que puede ser excitado desde el exterior de la célula, pero sólo mientras el potencial de salida y sea negativo. Este potencial tiene, en condiciones estacionarias, un valor fijo y=-15 V.

Sin embargo, si por una excitación externa ese potencial crece hasta -10 V. (umbral1) se producirá un salto que suponemos instantáneo a +20 V. del que evoluciona decreciendo en forma exponencial a razón del 20% en cada intervalo T. Si ese potencial es inferior a +12 V. (umbral2) se producirá otro salto instantáneo al valor -15 V del que sólo saldrá si hay una excitación externa suficiente para reiniciar otro ciclo.

Elegimos una máquina con dos estados e1 y e2. Si e1 corresponde a los potenciales negativos y e2 a los positivos, resulta muy sencillo hallar las respectivas dinámicas:

En lenguaje de seudo-código de computadora, tenemos:

Estado e1: y(k+1)= -15 + x(k)
IF SGN (y(k+1)+10)=-1 THEN estado (k+1)=e1
IF SGN (y(k+1)+10)=+1 THEN estado (k+1)-e2: y(k+1)=+20

Estado e2: y(k+1)=0,8 * y (k)
IF SGN (y(k+1)-12)=1 THEN estado (k+1)=e2
IF SGN(y(k+1)-12)=-1 THEN estado k+1)=e1: y(k+1)=-15

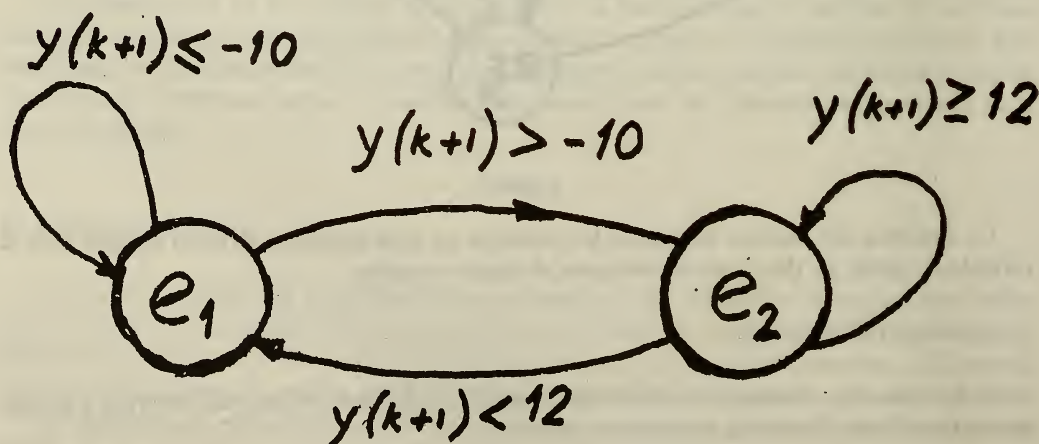


Figura 2

Estado Previo	*Vector de entrada*	*Condición de cambio*	*Estado siguiente*	*Vector de salida*
es_1	X_i (k)	Yi (k) < u1 Yi (k) ≥ u1	es1 es1	Yvi (k+1) Ywi (k+1)
es2	Xj (k)	Yj (k) < u2 Yj (k) ≥ u2	es2 es2	Yvj (k+1) Ywj (k+1)
es3	Xm (k)	Ym (k) < u3 Ym (k) ≥ u3	es3 es3	Yvm (k+1) Ywm (k+1)
es4	Xn (k)	Yn (k) < u4 Yn (k) ≥ u4	es4 es4	Yvn (k+1) Ywn (k+1)

Tabla 1

Nótese que el decremento exponencial se logra al aproximarlo a través de un sistema de filtrado autorregresivo que reduce en cada paso el valor de y(k) a 0,8 de su valor anterior (ver Fig. 2).

Por otro lado, la inhibición del efecto de la excitación de entrada se logra simplemente dejando de incorporar la variable x(k) en el estado e2. La Tabla I resume los efectos.

Suponiendo que las transiciones de polaridad no se hagan en forma instantánea, sino que su evolución sea por ejemplo una función lineal del tiempo, podría elegirse en ese caso un modelo con 4 estados, es decir agregando otros dos más donde la dinámica sea sólo función del tiempo:

y(k+1)=y(k) + a (el signo de a determina una evolución creciente o decreciente)

donde el valor de a es la pendiente de variación que corresponde en cada caso.

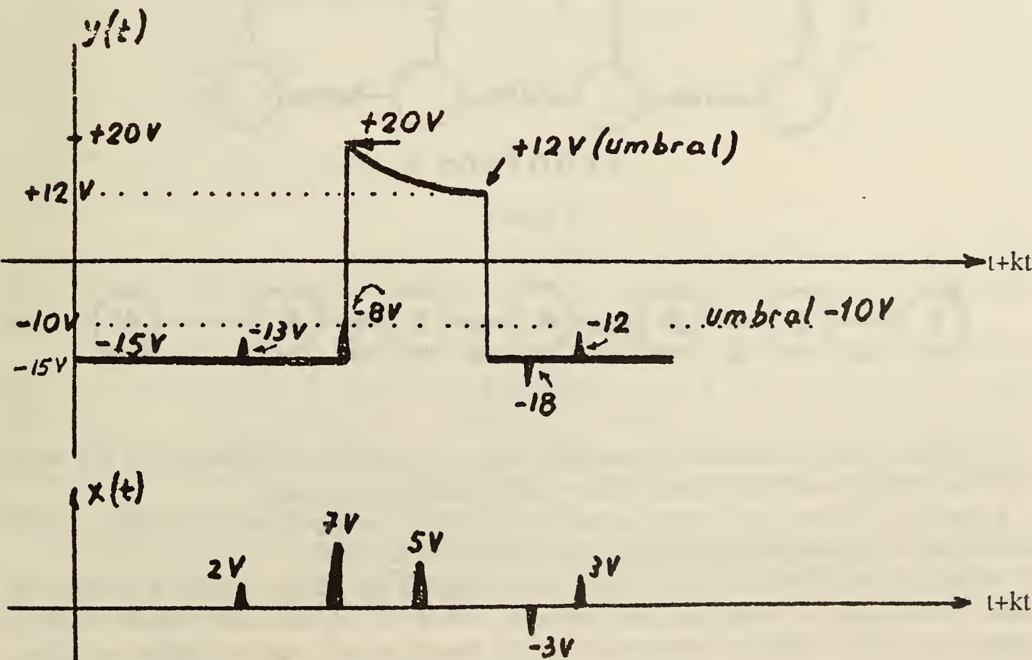


Figura 3

En la Fig. 3 se muestra la evolución de y(k) con dos excitaciones x(k), una de valor insuficiente para cambiar el estado de la célula y otra en cambio exitosa.

Acoplamiento entre células

Para que pueda hablarse de acomplamiento entre autómatas celulares es indispensable que estos autómatas puedan en algún momento de su evolución, admitir una entrada y que esa variable de entrada tenga alguna relación con el valor de alguna variable de otras células.

El ingreso de esa entrada debe por otro lado tener alguna influencia en la evolución de la célula considerada y –si fuera necesario– esa entrada debe tomar en cuenta la forma en que se ejerce la influencia cuando hay varias células. Generalmente se hace adicionando los efectos, pero pudiera ser que la influencia resulte del producto de esos efectos, o alguna otra función tal como una conjunción o una unión lógica.

Frecuentemente se da el caso de que el arreglo de células sea en forma de matriz sobre un plano, y que la influencia se ejerza desde las células inmediatamente vecinas (ver Fig. 4). Si el arreglo tiene una frontera, pasada la cual no hay más células, habrá que definir cuál es la influencia de la "no-célula" es decir que para la posición de la célula faltante debe indicarse la influencia correspondiente.

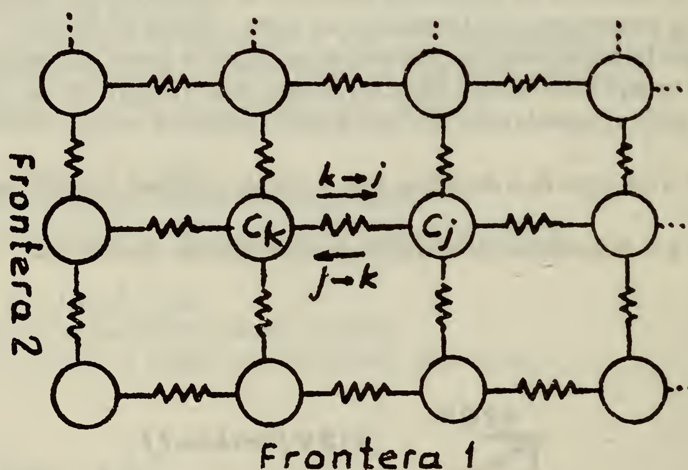


Figura 4



Figura 5

En algunos casos la influencia de la célula j sobre la k puede ser la misma que de la k sobre la j, o sea Infl (j,k)=Infl (k,j). Diremos que el acoplamiento es recíproco.

Cuando la influencia es la misma en todas direcciones, el acoplamiento es isotrópico, y será anisotrópico si depende de la dirección en que se acoplan las células.

Además, el acoplamiento entre células puede depender del tiempo, medido a partir de un estado determinado, es decir que puede haber un período de refractoriedad variable según el estado de la célula, puede ser también función del sentido en que están ordenadas las células, pudiendo llegar a ser inclusive no recíproco entre dos o más células, y por último, puede depender

de la dirección en que se esté analizando el acoplamiento, en cuyo caso habrá una anisotropía en el mecanismo de acoplamiento.

Dinámica en un arreglo unidimensional

Analicemos el caso de un arreglo de autómatas, cada uno de ellos definido según el conjunto de ecuaciones (1). De aquí en adelante éste será el autómata utilizado en todos los ejemplos posteriores, ya que es un modelo del comportamiento eléctrico de una célula de Purkinje, ya presentado previamente[11-12].

FASE 0
dinámica: E (k+1) = E(k) + 40
RF(k) = 0
salta a la fase 2 cuando E (k+1) = >30

FASE 1
dinámica: E(k+1) = 0,7*E(k)
salta a las fases 2 y 3 cuando E(k+1) = <10

FASES 2 Y 3
dinámica: E(k+1) = 1,1*E(k) + 4*CT(k)-6
salta a la fase 4 cuando E(k+1) = <-70

FASE 4
dinámica: CC(k) = Suma de corrientes de células vecinas (ver adelante).
E(interm) = E(k) ± CC(k)*RF(k)
IF E (interm)><-90 THEN
E(k+1) = E(k)+0,02*[-90-E(k)] ELSE
E(k+1) = E(interm)
RF(k+1) = RF(k) + INH
IF RF (k)>1 THEN RF(k) = 1
CT(k+1) = CT(k) +.16
IF CT(k+1)>1 THEN CT(K+1) = 1
salta a la fase 0 si E(k+1) = <-60

Las fases, corresponden a la denominación clásica usada en la morfología de los potenciales de las células cardíacas y para el autómata aquí definido son equivalentes a estados del sistema, con la única excepción de las fases 2 y 3 que corresponden al mismo estado.

Las variables son: E(k) es el potencial interno de la célula en el instante k, RF (k) toma en cuenta el efecto refractario de la célula, cuya pendiente es INH y cuyo valor máximo es 1 que corresponde a "célula no refractaria" o máximo de excitabilidad, CT (k) es una variable que "recuerda" una excitación prematura en el ciclo anterior, y CC (k) es la suma de las influencias de las células vecinas a la que se está analizando. Estas influencias son corrientes eléctricas debidas a las conductancias entre células adyacentes.

Supondremos, para asemejar el caso de filamentos de células cardíacas, que cada autómata esta acoplado sólo a sus vecinos izquierdo y derecho (Fig. 5) y que la influencia que se ejerce se hace sólo en la fase 4 y vale para la célula i:

$$CC(k,i) = G*[E(k,i+1) - E(k-i) + E(k,i-1) - E(k,i)]$$

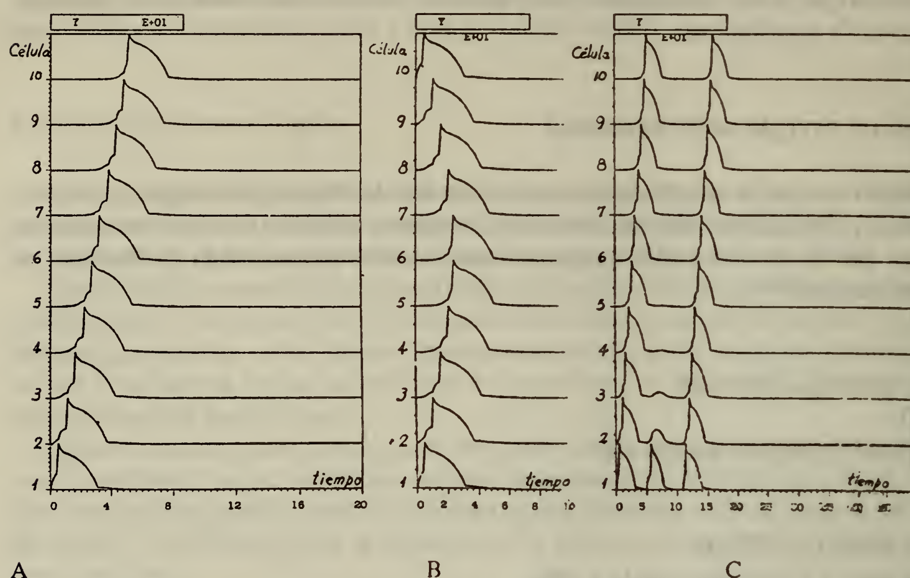


Figura 6

y por lo tanto:

$$CC(k,i) = G*[E(k,i+1) + E(k,i+1) - 2 * E(k,i)]$$

donde G es una constante proporcional al acoplamiento.

Si la cantidad de células es N, i = {1,...,N}, las células N+1 y 0 no existen y forman la frontera, para las que podemos considerar dos casos:

a) E(k,0) = E(k,N+1) = 0 en cuyo caso estamos suponiendo que el acoplamiento existe, pero los potenciales son nulos en esas dos células. Habrá corrientes en las fronteras.
b) E (k,0) = E(k.1) y no habrá corriente en esa frontera y si E(k,N+1) = E(k,N) no habrá corriente tampoco en esta frontera, pues estamos suponiendo que el acoplamiento no existe ya que se anulan las diferencias entre las tensiones.

En el primer caso diremos que habrá un "efecto frontera", ya que para esas células todo sucede como si estuvieran acopladas a otras con potenciales nulos, mientras que en el segundo caso se "corta" el acoplamiento, pero las células "frontera" siguen funcionando como si desde la frontera no se ejerciera ningún efecto sobre ellas.

En la Fig. 6 se indican los potenciales de salida de diez células acopladas en forma bidireccional con G=0,2 y sin efecto frontera, cuando se excita una única vez la célula inferior número 1 (caso A), las células 1 y 10 (caso B) y tres veces la célula 1 (caso C).

Puede notarse que la excitación inicial se propaga con una velocidad que es proporcional al coeficiente de acoplamiento G y a la distancia entre células.

Si el valor de G no sobrepasa un valor mínimo Gmi, el acoplamiento es insuficiente para excitar la (o las) células vecinas. Esta situación se ve muy bien en el caso C.

Vemos, no obstante, que se propaga un potencial que se debe a la existencia de una malla resistiva entre las células. A esta forma de propagación se la denomina conducción "galvánica", es instantánea y se ve en todos los casos de la Fig. 6.

Si al conjunto o arreglo lineal de células lo cerramos en sus extremos a través de una

conductancia G del mismo valor de las restantes, obtenemos un lazo cerrado, que permite la propagación en dos sentidos opuestos. En tal caso, los frentes chocan y se extinguen.

Algo similar ocurre si existen varios caminos cerrados de igual o diferente longitud en la malla así formada. En todos los casos los frentes de onda que se propagan por las diferentes ramas de la malla colisionan entre sí y se anulan mutuamente.

Por esa causa, se ve que con un único pulso de despolarización, no es posible generar en una malla filamentosa –no importa cuales sean los valores de G que acoplen las células, siempre que cada G sea un acomplamiento recíproco– un frente de onda que se propague indefinidamente en la misma dirección en un camino cerrado.

Este frente de onda que permanece oscilando permanentemente es de fundamental importancia en cardiología, porque crea una excitación periódica en células que no son marcapaso y es por lo tanto una fuente potencial de arrítmias.

Es distinto si entre dos células pudiera existir un acoplamiento no recíproco, ya que en ese caso, de producirse dos frentes de onda y llegar primero el que no podrá pasar entre dos células, ése muere pero el segundo pasará y en ese caso al no encontrar ningún obstáculo, seguirá recorriendo la malla indefinidamente (ver Fig. 7).

El mismo efecto se logra si se pueden aplicar dos pulsos iniciales en distintos lugares de una malla cerrada de suficiente longitud, aunque los valores de G sean perfectamente recíprocos, ya que eligiendo convenientemente los intervalos entre los dos pulsos de excitación externos, el segundo puede hacerse caer en el período refractario de un frente de onda, por lo que no podrá propagarse en esa dirección, mientras que en la dirección opuesta se crea un frente de onda que se mantendrá indefinidamente, (Fig. 8).

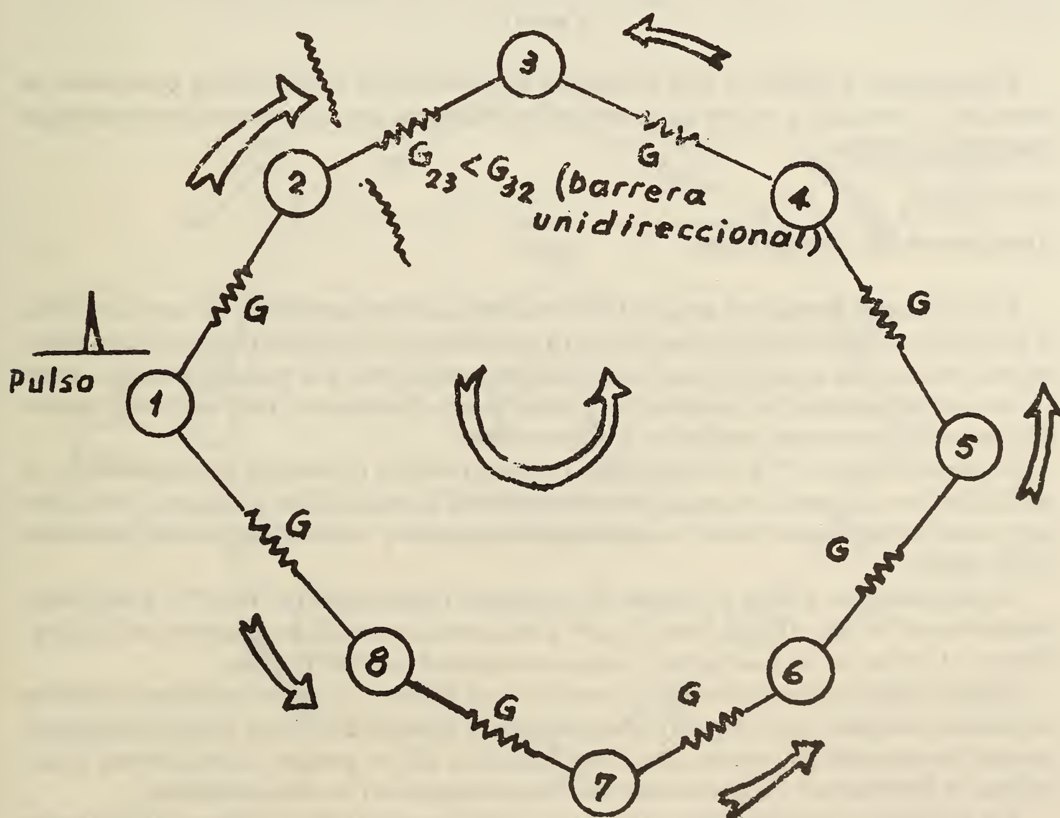


Figura 7

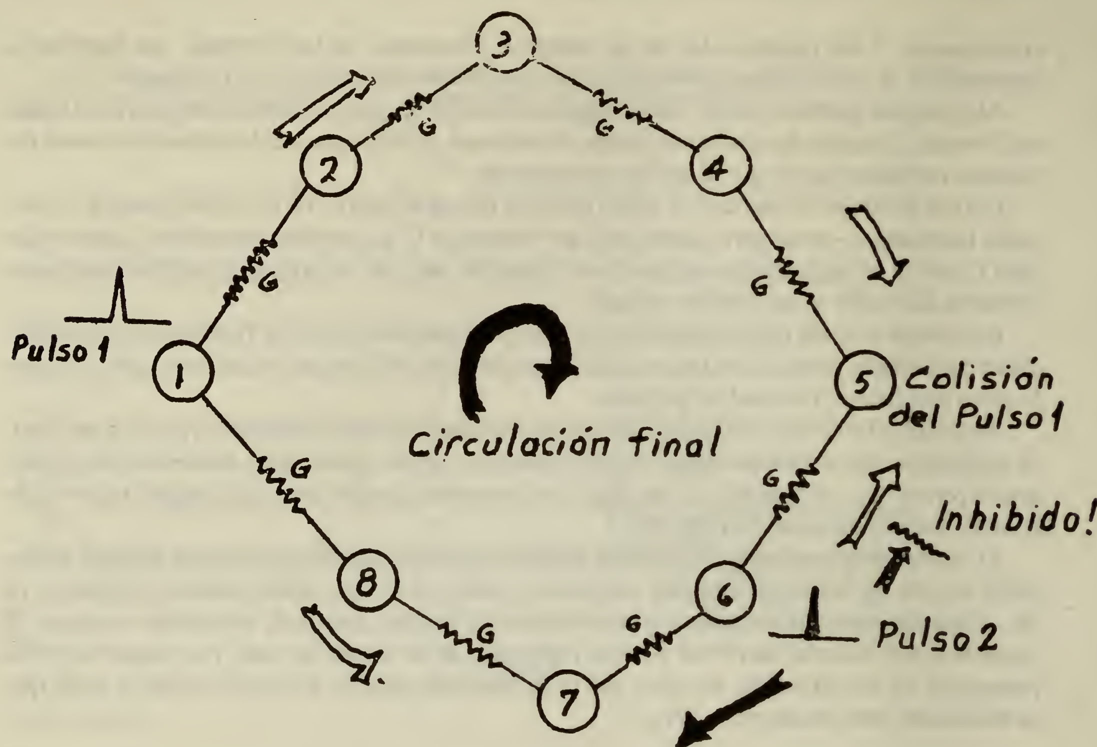


Figura 8

El mecanismo mediante el cual se produce esta conducción unidireccional permanente se denomina "re-entrada", y se cree que es uno de los fenómenos que más frecuentemente dan lugar a arritmias cardíacas.

Arreglos en dos dimensiones

Si las células se acoplan en arreglos bidimensionales, aún en aquellos en los que cada célula se acopla a sus vecinas más próximas, pero no a las distantes, el fenómeno de propagación puede hacerse muchos más complejo. Este modelo se ajusta mucho más a la realidad biológica donde las células (en particular las cardíacas) se acoplan en tres dimensiones, pero una buena aproximación puede hacerse con arreglos en dos dimensiones.

Numerosos autores[13-18] han desarrollado diversos modelos de arreglos bidimensionales de células cardíacas, tratando de simular el comportamiento de estas células en distintas situaciones tales como estímulos asincrónicos, acoplamientos irregulares y variación de diversos parámetros de las células.

Si para modelizar a éstas se utilizan las ecuaciones diferenciales de Noble[19] o Yanagihara-Noma-Irisawa[20] o Mac Allister-Noble-Tsien[21] u otras variaciones de las ecuaciones de Hodking-Huxley, el cálculo se hace muy lento y requiere computadoras muy grandes.

Desde el punto de vista eléctrico, existen dos tipos distintos de células cardíacas excitables: las células marcapaso cuya despolarización se produce en forma autónoma, y las no-marcapaso, a veces denominadas de Purkinje, cuya despolarización sólo se produce si una o varias de sus vecinas se despolarizan y logran inducir una despolarización en la célula estudiada.

Por la forma en que están unidas, es decir una al lado de otra en todo el volumen, y por el hecho que el contacto entre ellas determina frecuentemente vías de acoplamiento eléctrico del tipo

resistivo, se pueden crear corrientes en un sentido u otro entre el interior de las células. Esta corriente es proporcional a la diferencia de potencial entre el interior de las células así acopladas.

A veces, la corriente así inducida es insuficiente para despolarizar a la célula en estudio, en cuyo caso sólo se roduce una pequeña variación del potencial de membrana (llamada "electrotónica") que se propaga instantáneamente en todas las células, pero con amplitud decreciente a medida que nos alejamos de la célula inductora.

En otros casos, la corriente despolarizante logra hacer saltar el potencial de las células vecinas, y una onda de despolarización se expande con centro en la célula inductora. Si el acoplamiento resistivo es el mismo en todas direcciones (isotrópico), la onda es esférica o circular según se trate de un arreglo tri o bidimensional espectivamente, y su velocidad depende tanto del valor de la resistencia de acoplamiento como del número de células acopladas entre sí.

Igual que en los arreglos unidimensionales, en determinadas condiciones pueden producirse "re-entradas" en el conjunto de células no-marcapaso, pero ahora las posibilidades de diferentes tipos de acoplamiento es mayor y es posible lograr despolarizaciones "vorticiales" o sea en forma de un vórtice o espiral que puede o no degenerar en comportamientos caóticos o al menos desincronizados en células vecinas.

Cabe hacer notar que –tal como en el caso de ciertos sistemas físicos– el comportamiento caótico es el resultado de un proceso netamente determinístico, donde no interviene para nada el factor azar. En las simulaciones ello es muy evidente, ya que al fenómeno caótico se llega exactamente en el mismo número de pasos y en la misma forma, y en el modelo no hay ningún parámetro o variable que sea aleatoria.

Si el acoplamiento entre células no es isotrópico (condición muy frecuente en tejidos con células de Purkinje, donde la resistividad en el eje X puede ser dos o tres veces mayor que en el eje Y) un único pulso despolarizante en el centro de la malla se propaga según una elipse, donde

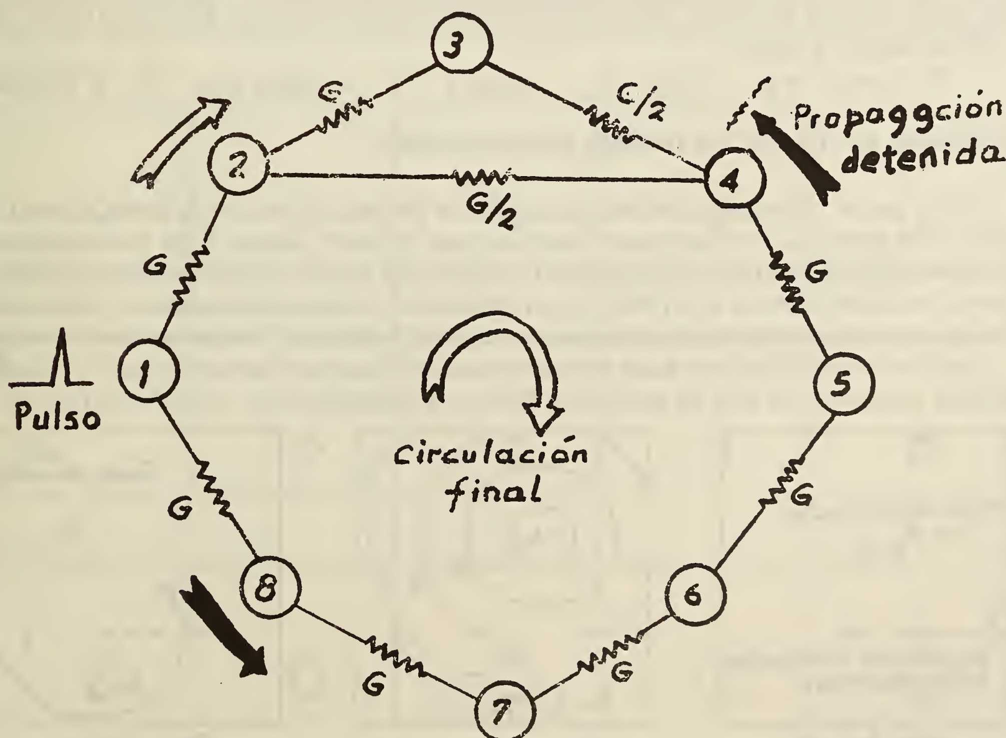


Figura 9

el eje de mayor de ésta coincide con el eje de menor resistividad, o sea de mayor acoplamiento.

Sin embargo, no importa cuan grande pueda ser esa anisotropía, incluyendo verdaderos "cortes" en el tejido, es decir desacoplamientos totales, si las resistencias de acoplamiento entre células son bidireccionales, es decir que su resistencia es independiente del sentido de circulación de corriente, en redes normales no es posible producir "re-entradas" sin recurrir al caso de excitaciones adicionales en períodos denominados "vulnerables". Este caso ha sido también simulado con estos autómatas celulares, pero serán motivo de otro trabajo.

Como todos los experimentos de medición de resistividad indican que las resistencias de acoplamiento son bidireccionales, el problema de lograr un modelo aceptable de acoplamiento entre células de Purkinje persistió, hasta que se pudo imaginar un modelo de acoplamiento que sin dejar de tener resistencias bidireccionales, permitiera lograr el mismo efecto que con resistencias no bidireccionales[11].

El modelo se muestra en la Fig. 9, para un arreglo unidimensional. Como vemos, en el arreglo unidimensional, una célula, en lugar de estar acoplada con un resistor R a cada una de sus dos vecinas, tiene una resistencia de acoplamiento 2R con ellas y además con una célula inmediata a su vecina. Tiene que ser inmediata, ya que el efecto no-bidireccional sólo se producirá en ese caso.

Así entonces, un impulso de despolarización que llegue a través de una resistencia 2R no será suficiente para provocar la despolarización de la célula en cuestión, por lo que el frente de onda queda detenido si viene desde ese lado. Si en cambio el frente de onda llega desde el lado donde dos células están despolarizadas casi al mismo tiempo, las dos corrientes (mitad de las normales) de ambas células sí serán capaces de hacer progresar el frente de despolarización.

Como el tejido cardíaco, especialmente en zonas de necrosis parcial o isquemia, puede producirse este tipo de acoplamiento no bidireccional, es que podemos continuar con el análisis de ese tipo de modelo, que en los arreglos bidimensionales llamaremos de "pared" no bidireccional, ya que es capaz de impedir la propagación del impulso en un sentido, pero no en el otro, en un frente amplio, o pared.

Excitación en "circus" en arreglos bidimensionales

En el "circus", la despolarización de las células de Purkinje se inicia en la forma habitual, a partir de un punto que se va ampliando como una onda esférica[22], pero en lugar de desaparecer, en alguna región de esa onda, la propagación se detiene por efecto de una limitación geométrica (por ej. los bordes internos en un anillo) o por limitaciones eléctricas momentáneas (tales como la región que deja atrás la onda al propagarse y que queda "refractaria" durante un cierto tiempo).

Esto crea la posibilidad que desde el frente avance otra onda que cierre un "circus" y el frente de onda se propague de aquí en adelante en forma cíclica alrededor del "circus" (ver Fig. 10).

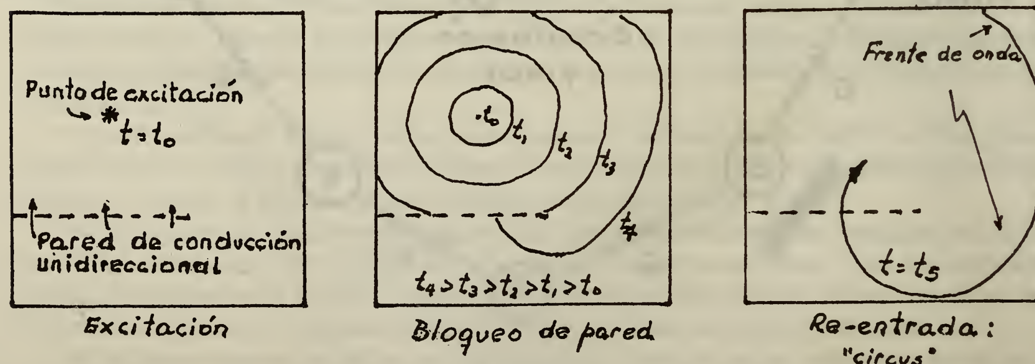


Figura 10

La excitación cíclica, es bajo todos los aspectos eléctricos equivalente a un marcapaso y existen fundadas teorías[23-24] que suponen que varias formas de taquicardia podrían estar inducidas por la existencia de excitaciones cíclicas producidas por "circus".

Cuando el disco anular sobre el que se desarrolla la despolarización tiene perímetros interno y externo casi iguales, la propagación se hace siguiendo aproximadamente el perímetro medio. Decimos en ese caso que nos hallamos en presencia de un circus propiamente dicho.

Pero es más frecuente encontrar casos en que el anillo tiene un perímetro interno muy pequeño frente al externo. Como la excitación tiende a expandirse a medida que transcurre el tiempo, y por otro lado se ve forzada a excitar aquellas células que hayan sobrepasado el período refractario, el frente de onda se transforma en una espiral que rota sobre su centro, en un movimiento que es combinación de un giro y de una expansión (ver Figuras 11 a 15).

Cada cuadrado de las figuras representa una red de 900 (30x30) células de Purkinje. La recta negra en la porción inferior izquierda indica la "pared" unidireccional creada por un acomplamiento tal como el indicado previamente. Esta pared puede propagar normalmente despolarizaciones cuyo sentido sea de abajo hacia arriba, pero no en sentido inverso. Un punto negro en la malla indica que esa célula está excitada (+30 mV) y en los primeros 15 cuadrados (leyéndolos de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) vemos la evolución que sufre la excitación inicial de dos células.

En la pantalla (screen Nº 3) podemos ver como la pared ha impedido la propagación de la onda, que entonces "muere" a todo su largo, pero que seguirá avanzando hacia la derecha hasta que pueda rodear la pared (screen 4) y entonces reingresar desde abajo avanzando ahora en forma de una espiral.

Con valores bajos de INH por ejemplo .05, parámetro que mide la pendiente con que disminuye la inhibición o refractoriedad de las células, la evolución espiralada puede mantenerse muy largo tiempo sin formarse vórtices de inestabilidad. Así en la pantalla 50 (no mostrada),

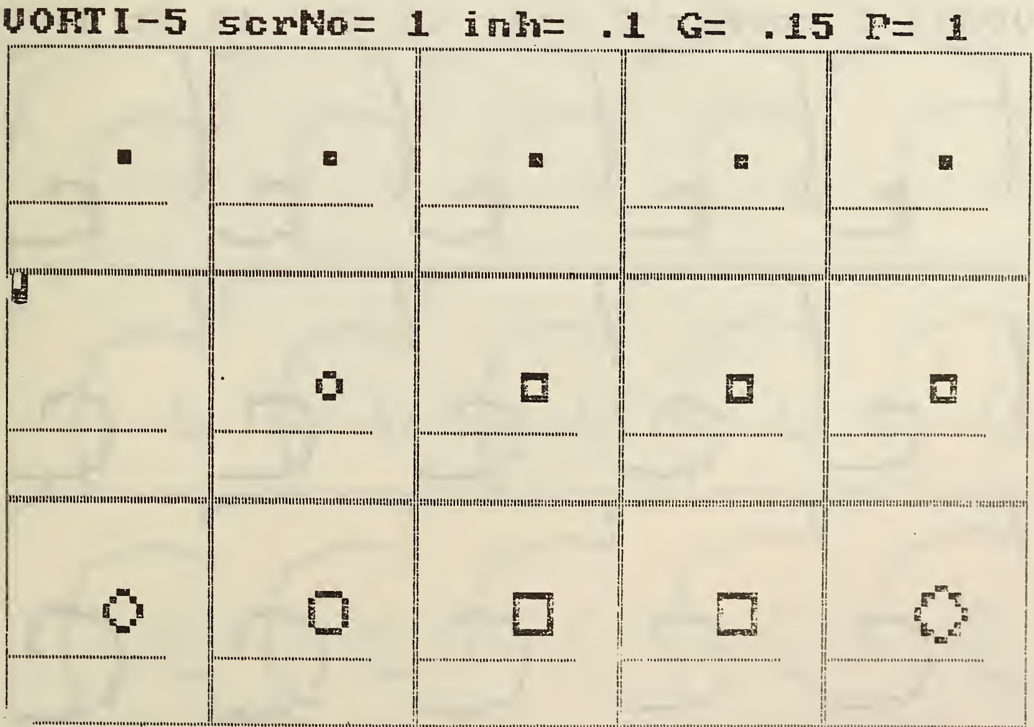


Figura 11



Figura 12

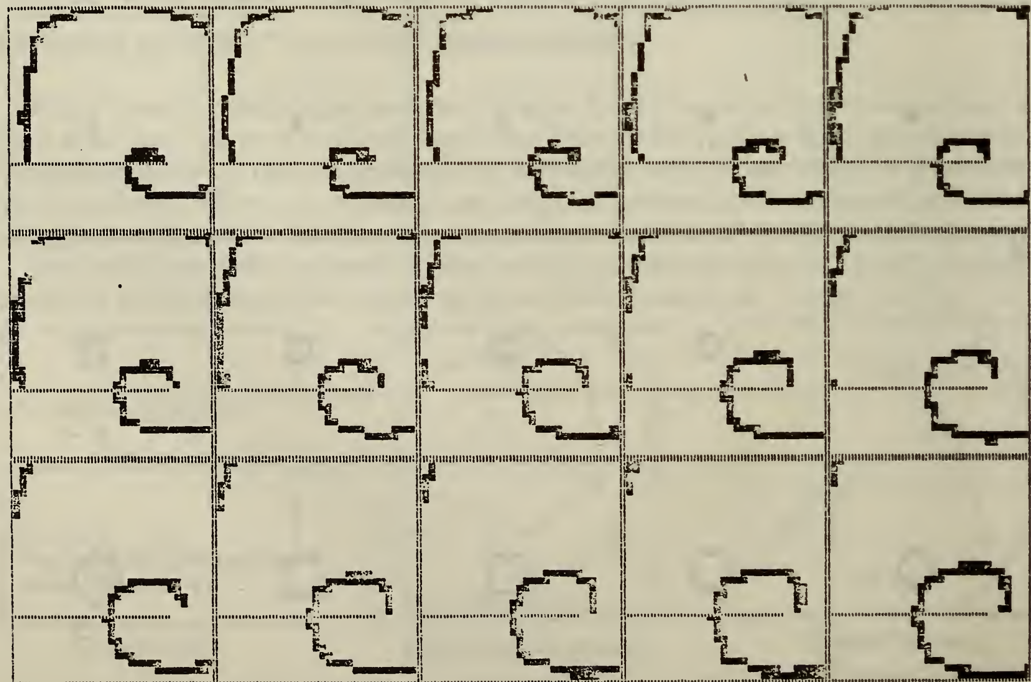


Figura 13



Figura14

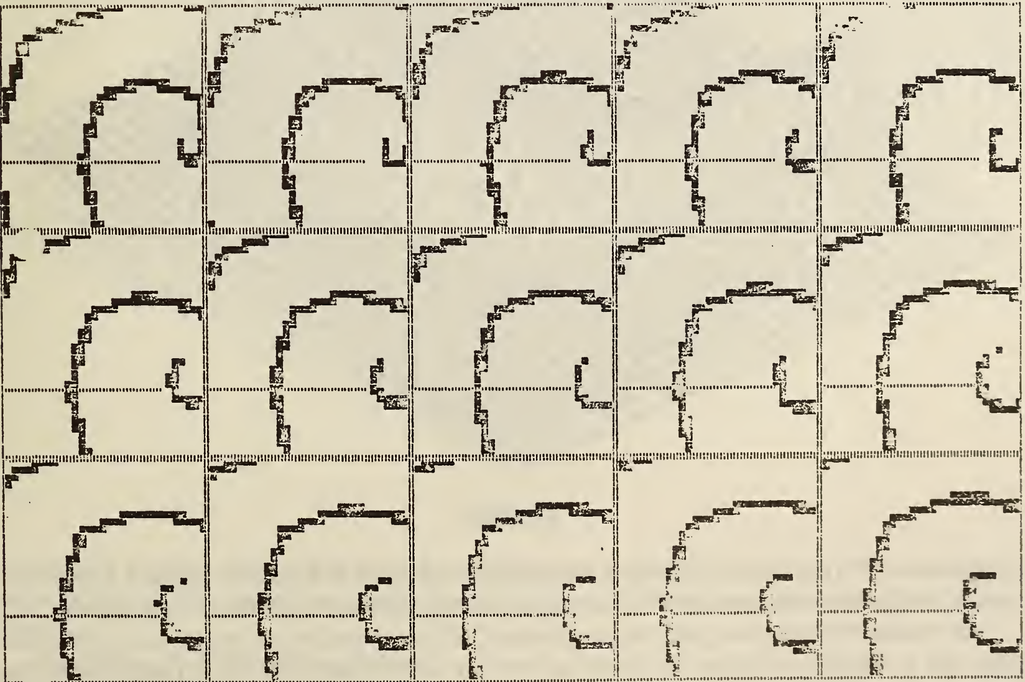


Figura 15

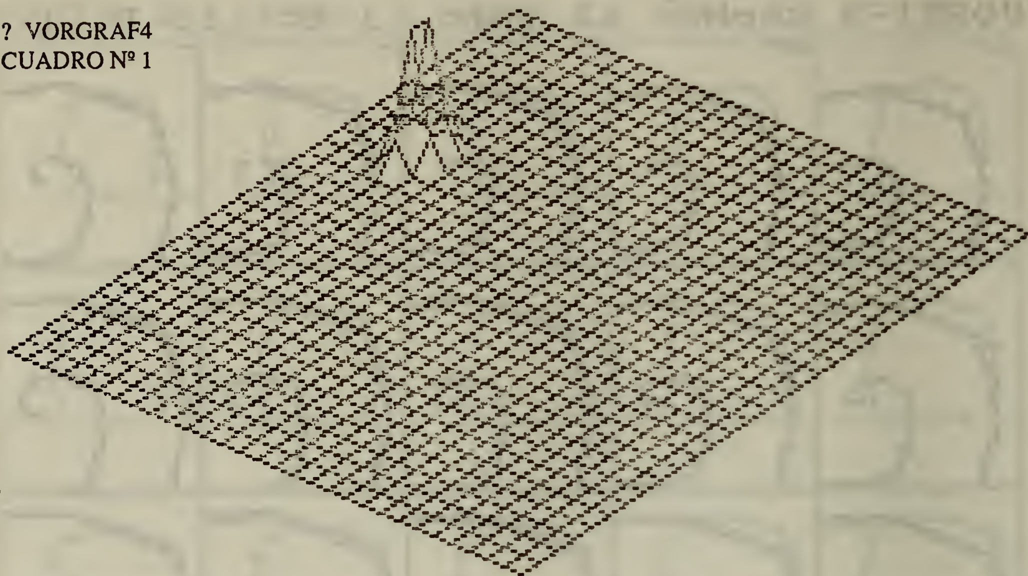


Figura 16

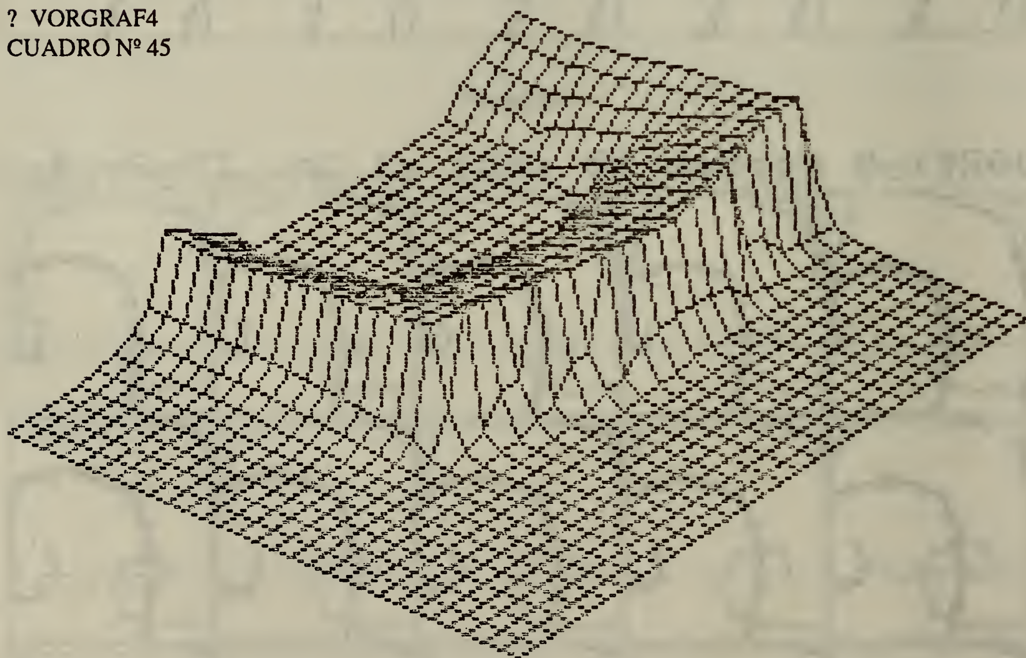


Figura 17

equivalente a 750 períodos T todavía se mantiene sin variación la espiral de la Fig. 15 que tiende a crear "ondas de despolarización" en la red, a pesar de tratarse de células, no marcapaso.

Un resultado inesperado, pero muy importante, de este experimento es que una vez establecida, esta re-entrada en forma de espiral no requiere más la existencia de la pared, efecto que podemos ver en la Fig. 15 si notamos que el centro de la espiral no pasa más por el punto terminal de la pared, tal como ocurría durante el establecimiento de la re-entrada.

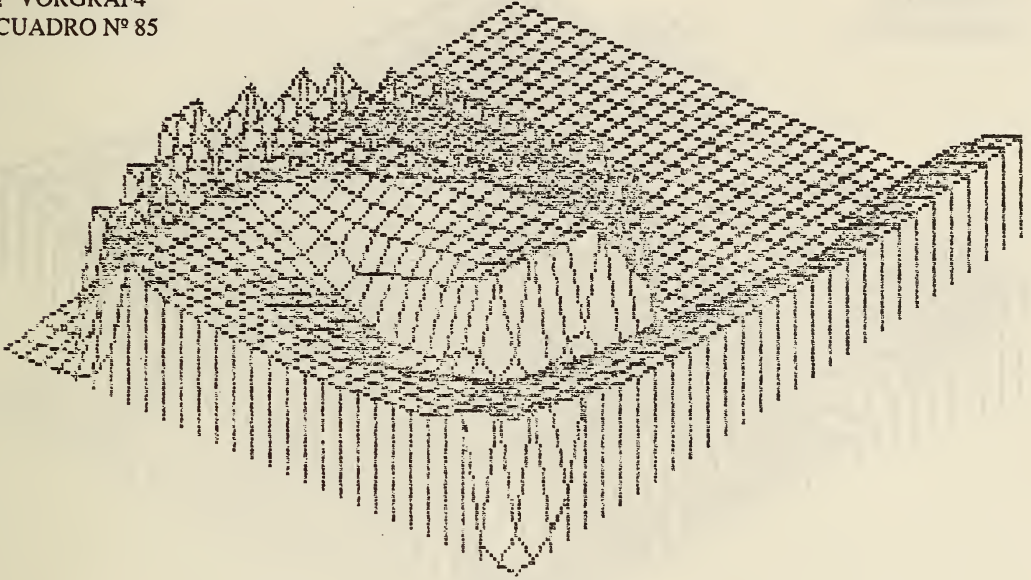


Figura 18

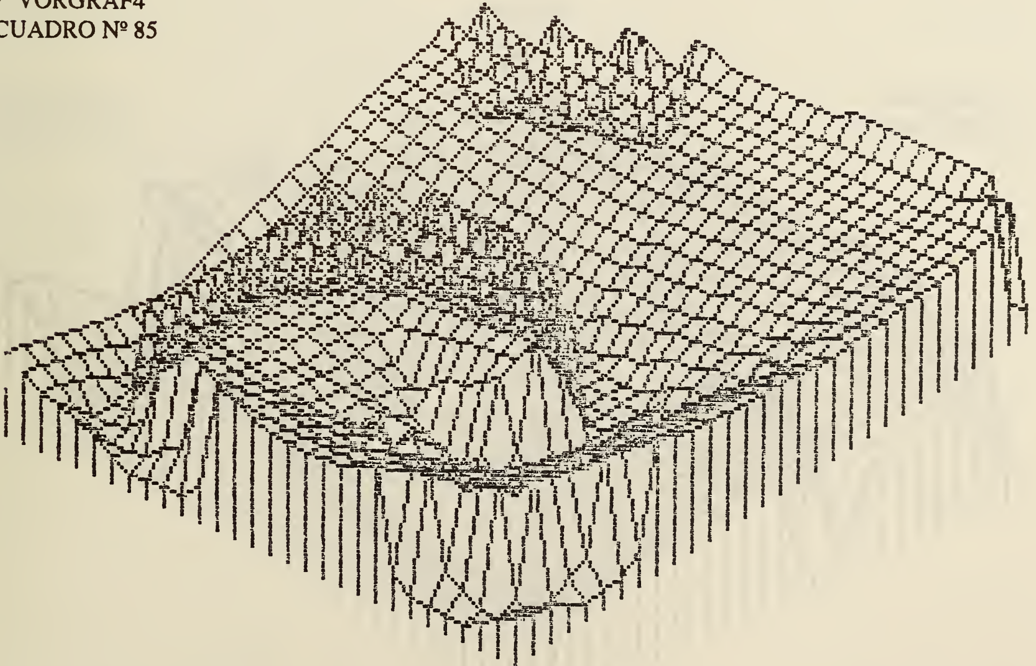


Figura 19

En todo este ejemplo constante G de acoplamiento entre células es 0,15 y la velocidad de propagación, medida en número de células, entre picos de despolarización por unidad de tiempo es de:

velocidad = 15 células/46 unidades T

velocidad = 1/3 aproximadamente

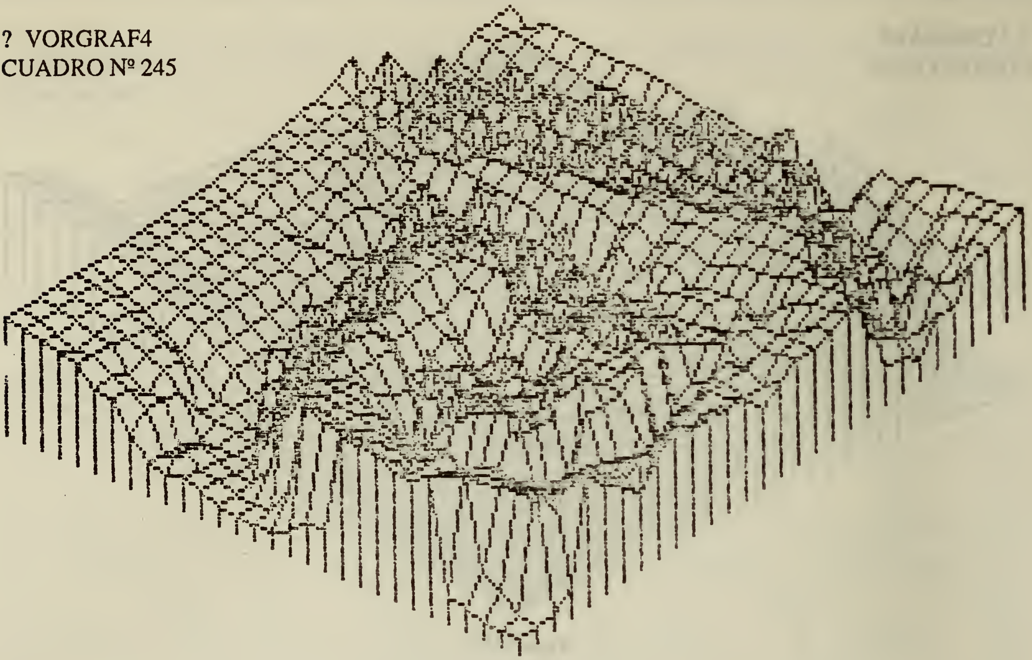


Figura 20

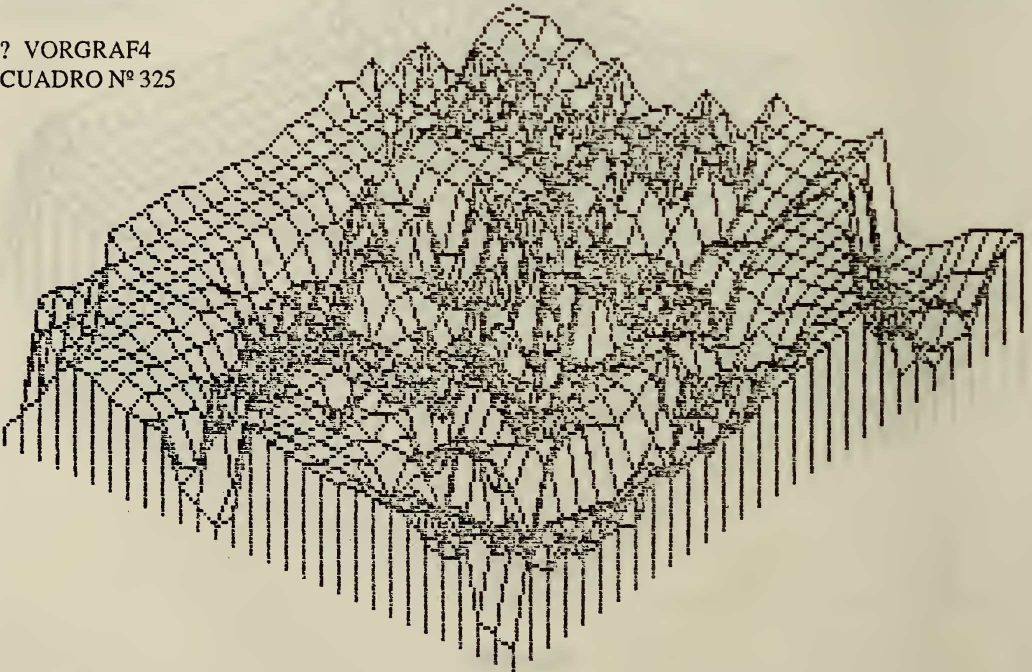


Figura 21

Fenómenos vorticiales con una pared

Con el objeto de mostrar mejor el nacimiento y desarrollo de fenómenos caóticos en una red

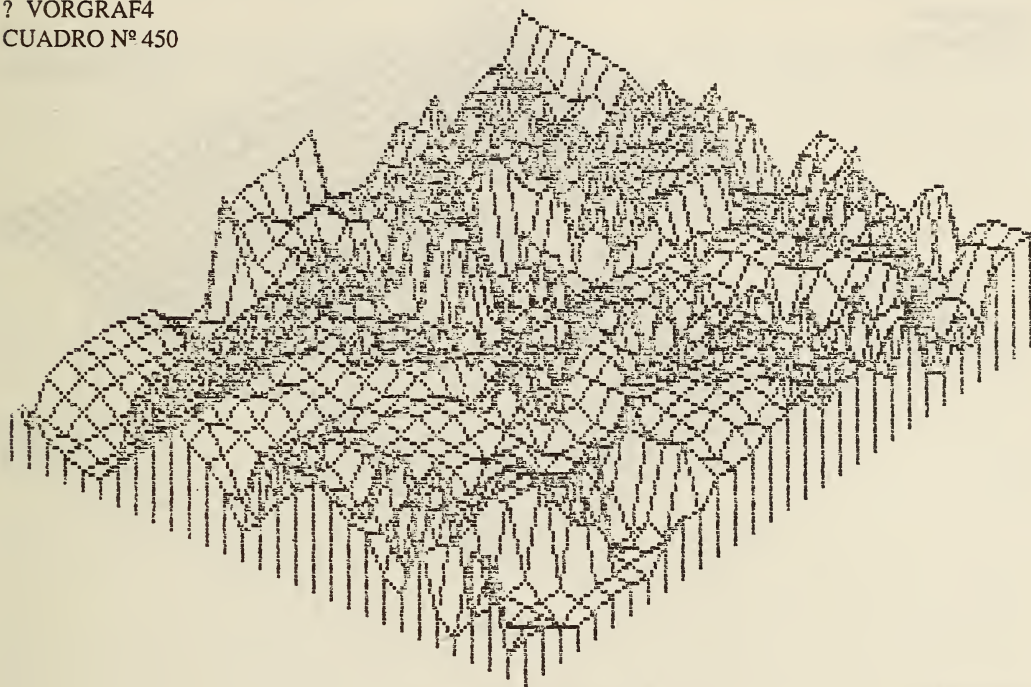


Figura 22

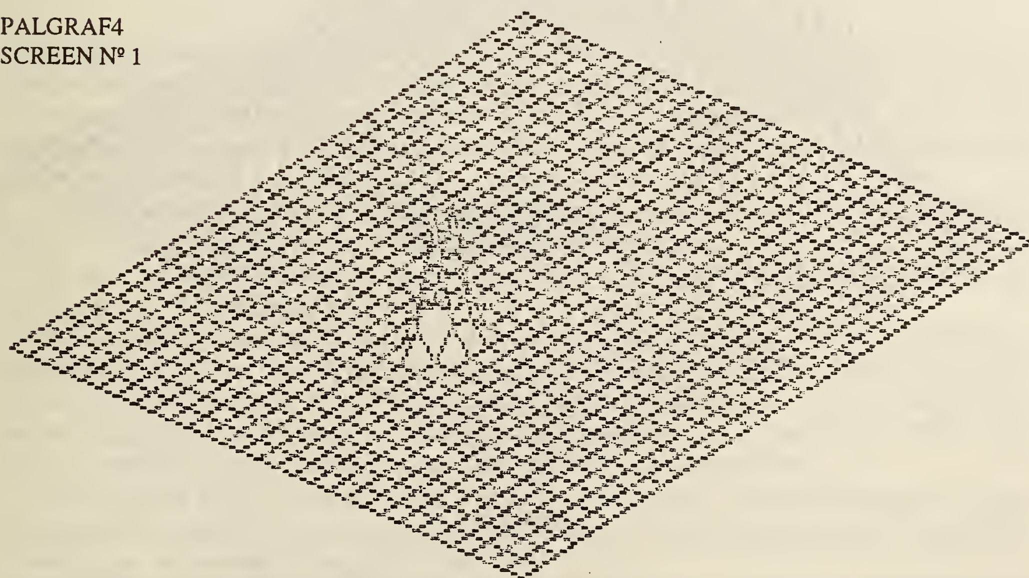


Figura 23

de células de Purkinje, el autor desarrolló un programa especial que muestra en un dibujo seudo-tridimensional los potenciales de las células de la red.

En efecto, conviene mostrar las posiciones de las células en sus ejes X-Y y sus respectivos potenciales (representados en el eje Z) de cada una de ellas. Pero como además debe estudiarse

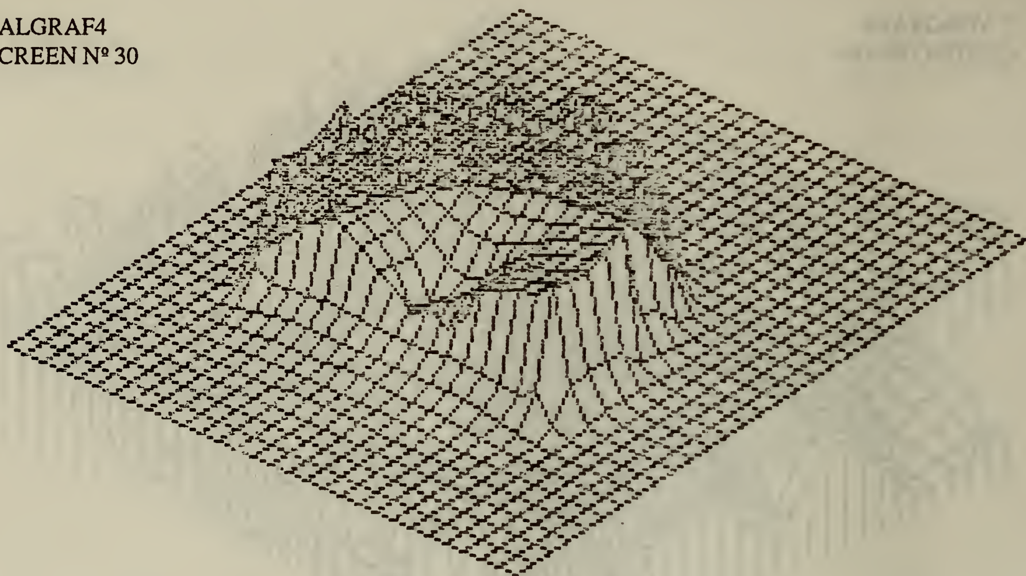


Figura 24

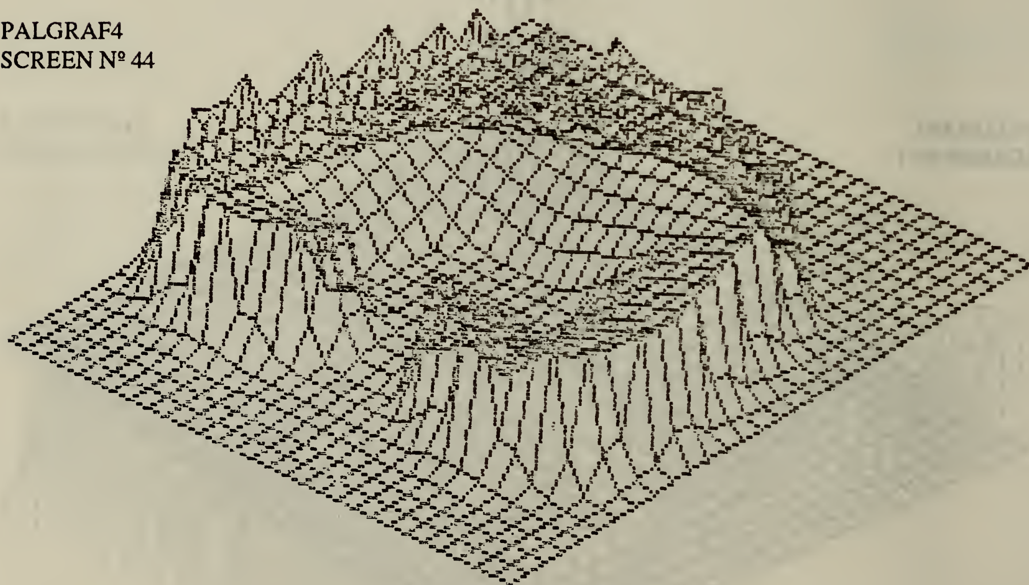


Figura 25

su evolución en el tiempo, la representación es ciertamente difícil. Utilizando sin embargo una película cinematográfica de 8 mm. y fotografiando cuadro por cuadro cada uno de los períodos T es posible ver la evolución temporal de los potenciales de la red.

Eso se hizo. Se filmó, cuadro por cuadro la pantalla del computador mostrando no ya un conjunto de 15 redes (Fig. 11-15) sino una red por vez, utilizando los cuatro colores que permite la PC-AT que se utilizó para las simulaciones. El color rojo indica las células en la fase 1 (excitada), el color amarillo las fases 2 y 3 (inicio de repolarización), y el color verde la fase 4 (célula repolarizada). El último color, es decir el azul debió usarse como fondo.

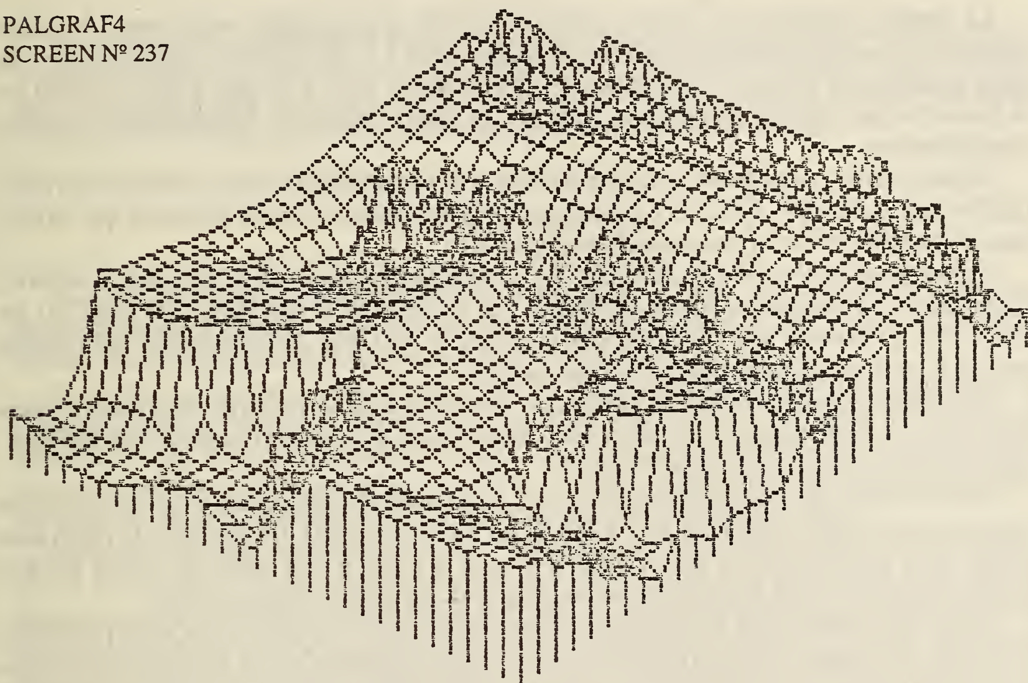


Figura 26

El filme de unos 5 minutos de duración, permite ver claramente la evolución hacia un comportamiento caótico de células acopladas no-marcapaso con una pared unidireccional cuando el parámetro INH, que mide la pendiente de disminución de la refractoriedad es relativamente alto: INH=0,16 es decir que la célula para rápidamente de la repolarización al período en que puede ser nuevamente excitada.

La filmación de la evolución, demandó mucho tiempo y esfuerzo y el autor quiere agradecer al Dr. Saúl Drajer su inestimable colaboración en esta filmación.

En este trabajo en cambio, se ha debido recurrir a una pocas imágenes ilustrativas del fenómeno (ver Figuras 16-22).

El fenómeno de vorticidad, cuya simulación tiene pocos antecedentes[25-26] requiere imprescindiblemente una red con paredes unidireccionales reales o eléctricas. En el ejemplo mostrado por los autores mencionados, la "pared" es eléctrica y producida al azar por pulsos de excitación en puntos elegidos arbitrariamente. En nuestro caso, se ha preferido operar con una pared fija, en una posición conocida, lo que permite una perfecta repetibilidad del fenómeno.

En las figuras 16-22, la pared no está indicada explícitamente, pero puede notarse su efecto al analizar la evolución de los potenciales que se "detienen" frente a ella sin avanzar y "muriendo" a medida que se produce el pasaje de la fase 1 a la 2, 3 y 4.

En la serie VORGRAF-4, el cuadro Nº 1 muestra la red con la mayoría de las células a un potencial bajo (-90 mV) en estado de reposo, dos células a +30 mV, es decir excitadas y algunas otras a su alrededor iniciando su despolarización.

En el cuadro Nº 45 se ve el efecto de la pared (a la izquierda) y el frente avanzando hacia la derecha, abajo y arriba. En el cuadro Nº 85 se ha producido la espiral de re-entrada y ella gira y se expande hasta los límites de la red. Este fenómeno continuría, pero como ahora el período refractario es menor, se ve que la re-excitación de las células alrededor del centro se hace muy rápidamente creando un "vórtice" de potenciales, donde coexisten muy cercanos, potenciales muy diferentes (cuadro Nº 110, Fig. 19).

La "punta" o cabeza de la espiral, situada en el valle de potenciales, está tratando de hallar caminos (o sea células repolarizadas) para despolarizarlas y se ha acercado completamente a la parte posterior del frente de despolarización. Esta parte la frena y el más mínimo cambio en la dirección que debiera propagarse, hará que el futuro frente de despolarización cambie completamente.

Estamos como vemos frente al mismo fenómeno de inestabilidad o mejor dicho de impredictibilidad que caracteriza al inicio de los comportamientos caóticos, con la diferencia que en este caso lo impredecible es la dirección de propagación.

Así entonces, en el cuadro Nº 245 (Fig. 20), la espiral ha perdido toda su elegancia y simetría, conservando, no obstante su forma espiralada. Sin embargo en el cuadro Nº 325 (Fig. 21) ya resulta difícil reconocer esta condición y en el cuadro Nº 450 (Fig. 22) ya podemos decir que se trata de un movimiento de potenciales cuasi-caótico.

Hasta ahora hemos empleado una pared que termina en el borde de la red. Si la pared no toca los bordes y deja un espacio suficiente a sus costados puede simularse el fenómeno de doble-reentrada previsto teóricamente por Winfree[27].

Como el patrón de excitación que dibujan sus potenciales se parece a una palmera, el autor lo muestra bajo el título general de PAL-GRAF (ver serie Pal-Graf4). En este caso la pared está situada en la misma posición que el Vorgraf-4, pero el punto inicial donde se excitan las dos células inicialmente está ligeramente por encima de dicha pared, (Figuras 23-26).

En ese caso, como antes, la propagación queda detenida en su avance hacia abajo por efecto de la pared, creciendo en cambio hacia arriba y los costados (pantalla Nº 30). Cuando la onda llega a los bordes de la pared y retrocede porque nada le impide hacerlo, al girar alrededor de los puntos terminales de la pared inicia la re-entrada desde dos puntos distintos (pantalla Nº 44) y en los pasos posteriores continuará este ciclo re-entrante alrededor de los bordes de la pared.

Para que eso suceda, es indispensable que antes de chocar entre sí los dos frentes de onda de la parte inferior, las células que se hallan por encima de la pared hayan vuelto a su condición de excitabilidad. O sea que la longitud mínima de la pared debe ser:

$$L_{min} = V\, T_{rec}$$

donde Lmin es la longitud mínima de la pared para iniciar la re-entrada, V es la velocidad de propagación del frente de onda y Trec es el tiempo de recuperación de las células, desde el instante en que son excitadas hasta el final del período refractario. Como en nuestro caso, este período decrece linealmente, el Trec real puede ser un poco menor que el teórico.

A partir de la primera re-entrada, el proceso puede evolucionar a un comportamiento cíclico si el período refractario es muy largo o degenerar en inestabilidad y caos si el período refractario es corto. Por otro lado, la más pequeña asimetría en las dos re-entradas se va ampliando a medida que avanza el tiempo y ello determina que uno de los dos frentes de propagación disminuya en favor del otro (ver Pal-graf 4, screen Nº 237) predominando en definitiva este último.

Debemos notar que tanto en este caso como en el del Vorgraf 4, si la excitación inicial se produce en células que están debajo de la pared, el frente de onda la atravesará sin inconvenientes y el fenómeno de re-entrada no se produce.

Fenómenos de re-entrada con dos o más paredes

En el caso de isquemias extensas es razonable pensar que pueda haber muchas regiones donde se produzca el fenómeno de acoplamiento no-bidireccional, o sea que existen muchas barreras casi unidireccionales o con variable grado de direccionalidad. Esto puede determinar caminos de propagación en forma de meandros, que como hemos visto resultan proclives a generar reentradas y taquicardias.

No obstante, una re-entrada no es necesariamente seguida de una fibrilación como lo indican estos experimentos y lo confirma la clínica médica. La re-entrada es necesaria en la génesis de este tipo de fibrilación, pero no es suficiente. Cuando se combinan en cambio re-entradas y un tiempo corto de refractoriedad, el peligro de fibrilación se eleva considerablemente.

CONCLUSIONES

Mediante el empleo de una modelización basada en el uso de autómatas celulares con dinámica continua asociada a un número finito de estados, se ha podido modelizar el comportamiento de una red bidimensional de células no-marcapaso.

Si no hay excitación externa inicial, la red permanece indefinidamente en su condición de "excitable pero no excitada", característica del tejido cardíaco del miocardio en condiciones normales. En ese caso, una excitación puntual, que podría llegar desde células marcapaso o por un impulso externo, normalmente genera una única onda que se expande en forma de un círculo o una elipse, de acuerdo a que haya o no isotropía en el acoplamiento celular.

Pero si se crea una "pared unidireccional" por efecto de acoplar más células en una dirección que en otra, o por efecto de estimular previamente un conjunto de células, de tal forma que un segundo estímulo se produzca muy cercano al momento en que desaparece la refractoriedad de las primeras, en ambos casos puede producirse una re-entrada del frente de onda de excitación. En anillos delgados de células, esto da lugar a un ciclo perfectamente periódico de excitaciones, muy similar al que producen las células marcapaso.

Pero si la red es una superficie, y la pared unidireccional es excitada por un frente de onda que debe rodearla para avanzar, en el límite de la pared el frente gira sobre sí mismo, dando lugar (si la pared es suficientemente larga) a una re-entrada de tipo espiralado, que también se mantiene indefinidamente, aunque desaparezca la pared.

Finalmente, si en este último caso, además de la re-entrada, el período de refractoriedad es corto, en la punta de la pared se produce el fenómeno de que la "cola" del frente de onda toca a la "cabeza" de dicho frente. Si la velocidad de avance de la onda supera el de la cola, la "cabeza" tenderá a buscar direcciones de avance que no evolucionen en forma de una espiral. Esta anomalía se profundiza con el transcurso del tiempo y las direcciones de avance de los frentes de onda se bifurcan dando lugar a un comportamiento caótico.

Este modelo, tiene la gran ventaja de permitir una simulación rigurosamente controlada tanto de los parámetros de la célula, como de su acoplamiento con otras y de los momentos y lugares de excitación, permitiendo experimentos repetibles sin factores aleatorios no mensurables.

BIBLIOGRAFIA

1. ISING E. "Beitrag sur Theorie des Ferromagnetismus" Zeit, fur Physik, vol 31, pp. 253-258 (1925).
2. KINDERMANN R., SNELL J. L. "Markov Random Fields and their Applications". Ed. Am. Math. Soc. (1980).
3. HERRMANN J. J. "Geometrical cluster grown models and kinetic gelation"Physics Rep. vol 136, Nº 3 (1896).
4. JURGEN KRANZ (Ed.) "Epidemics of Plant Diseases" Ecol. Studies 13. Springer-Verlag (1974).
5. RADPARVAR K, KAPLAN B.Z. "Experimental and analytical investigation of synchronization dynamics of two coupled multivibrators" IEEE Trans. Circuits Syst. CAS-32 pp. 267-273 (1985).

6. GOLDBETER A (ed) "Cell to Cell Signalling: from experiments to theoretical models" Academic Press (1989).
7. KATZ B., MILEDI "The measurements of synaptic delay and he time course of acetylcholine release at the neuromuscular junction" Proc. R. Soc. Lond. B 161 pp. 483-495 (1965).
8. DE MELLO W. C. "Intracellular Commnunication in Cardiac Muscle: Physiological and Pathologyc Implications" en Cardiac Electrophysiology and Arrhythmias (D. P. Zipez J. Jalife editors) Grune and Stratton (1985).
9. KEENER J. P. "A mathematical model for the initiation of ventricular tachycardia in miocardium" en Cell to Cell Signaling (A. Goldbeter editor) Academic Press (1989).
10. KAPLAN D. T. et al. "Nonlinear Dynamics in Cardiac Conduction" en Nonlinearity in Biology and Medicine Los Alamos 1987. Mathematical Biosciences vol 90 Nos. 1 y 2 de Julio-Agosto 1988: Elsevier.
11. ROCHA L. F. DRAJER S. "Computer Simulated Excitable Cardiac Cell: A simplified non H-H equation-based model" Cardiac Pacing and Electrophysiology Proc. VIII World Symp. on Cardiac Pacing, pp. 537-542 Jerusalem 1987.
12. ROCHA L. F. "Computer Simulation of order-disorder sequency of 900 Purkinje cells" Annals of the XVI International Congress on Electrocardiology, Budapest Ed. Elsevier Science Public. 1989.
13. GUK'KO F. B. PETROV A. A. "Mechanisms of the formation of closed pathways of conduction in excitable media" Biofizica vol 17, pp. 261-270.
14. VAN CAPELLE F. J. L. DURRER D. "Simulation of Arrhythmias in a Network of Coupled Excitable Elements" Circulation Res. vol 47, pp. 454-466 (1980).
15. WINFREE A. T. "When Time Breaks Down. The Three-Dimensional Dynamics of Electrochemical Waves and Cardiac Arrythmias" Princeton Univ. Press (1987).
16. KEENER J. P. "A Mathematical Model for the Vulnerable Phase in Myocardium" Math. Biosciencies, vol 90, pp. 3-18, Julio/Agosto 1988.
17. WEST B. J. GOLDBERGER A. L. ROVNER G. BHARGAVA V. Non Linear Dynamics of the Heartbeat" Physica 17D, pp. 198-206 (1985).
18. VAN CAPELLE J. L. ALLESIE M. A. "Computer simulation of anisotropic impulse propagation: Characteristics of action potentials during re-entrant arrythmias" en Cell to Cell signalling (ed. A. Goldbeter) pp. 577-588. Academic Press, 1989.
19. NOBLE D. "A Modification of the Hodkin-Huxley equations applicable to Purkinje Fibre action and pacemaker potentials" J. Physiol. vol 160, pp. 317-352 (1962).
20. YANAGIHARA K. Noma A. Irisawa H. "Reconstruction of sinoatrial node pacemaker potential based on the voltage-clamp experiments" Japan J. Physiol. vol. 30, pp. 841-857 (1980).
21. MC ALLISTER R. E. NOBLE D. TSIEN R. W. "Reconstruction of the Electrical Activity of Cardiac Purkinje Fibers" J. Physiol. vol. 251 pp. 1-59 (1975).
22. KAPLAN D. T. et al. "Nonlinear Dynamics in Cardiac Conduction" Math. Biosciences vol 90, pp. 19-48 (1988).
23. CRANEFIELD P. F. "Pacemaker mechanisms" en Cardiac Rate and Rhythm (ed. L. N. Bouman and H. J. Jonsma) Martinus Nijhoff pp. 7-17 (1982).
24. JONSMA H. J. TSJERNINA L. "Factors influencing regularity and synchonization of beating of tissue cultured heart cells" ibidem pp. 397-414 (1982).
25. NANDAPURKAR P. J. WINFREE A. T. "A Computational Study of Twisted Linked Scroll Waves in Excitable Media" Physica 29D pp. 69-83 (1987).
26. NANDAPURKAR P. J. WINFREE A. T. "Dynamical Stability of Untwisted Scroll Rings in Excitable Media" Physica D 35 pp. 277-288 (1989).
27. WINFREE A. T. "The Geometry of Biological Time" Springer N. Y. (1980).